SEGNALI DAL CLIMA FVG

CAMBIAMENTI
IMPATTI
AZIONI

UN 2022 DA RECORD

IL RESOCONTO DELL'ANNO PASSATO E LE SPIEGAZIONI DEGLI ESPERTI

COSA STA SUCCEDENDO AL NOSTRO MARE E AI NOSTRI GHIACCI

RISCHIO SPECIE INVASIVE RISPOSTA SPONTANEA AL CAMBIAMENTO

PIANTE BIANCHE RIFLETTERE LA LUCE È IL SEGRETO

AGIRE PER IL CLIMA ESPERIENZE IN FRIULI VENEZIA GIULIA

SPECIALE

2022 L'ESTATE DEGLI INCENDI: I PERCHÉ, LE CONSEGUENZE, COME RIDURRE I RISCHI FUTURI

NOTIZIE DAL GRUPPO DI LAVORO TECNICO SCIENTIFICO CLIMA FVG

maggio 2023

SEGNALI DAL CLIMA IN FVG

CAMBIAMENTI – IMPATTI - AZIONI

maggio 2023

notizie dal

Gruppo di lavoro tecnico-scientifico

Clima FVG

“Segnali dal Clima in FVG” è realizzato da:

ARPA FVG - Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente del Friuli Venezia Giulia

nell’ambito dell’attività di coordinamento e segreteria del “Gruppo di lavoro tecnico scientifico Clima FVG” istituito dalla Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia con Decreto DC Difesa dell’ambiente, energia e sviluppo sostenibile, n. 2137 del 04/05/2022

Coordinamento editoriale:
Federica Flapp, Fulvio Stel

Elaborazione grafica:
Ester Curci, Federica Flapp, Michela Mauro

“Segnali dal Clima in FVG” ospita articoli firmati da vari autori: ciascun autore è responsabile per i contenuti (testi, dati e immagini) dei propri articoli ed esclusivamente di essi.

ARPA FVG, gli altri enti del “Gruppo di lavoro tecnico scientifico Clima FVG” e i singoli autori non sono responsabili per l’uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questa pubblicazione.

Ove non diversamente specificato, le immagini sono state fornite dagli autori dei diversi contributi, che se ne assumono la responsabilità, o sono tratte da:

https://pixabay.com/it/
https://www.google.com/maps
https://it.freepik.com/

La foto di copertina è di Agostino Manzato.

ARPA FVG
Via Cairoli, 14 - 33057 Palmanova (UD)
Tel +39 0432 922 611 - Fax +39 0432 922 626
www.arpa.fvg.it
https://twitter.com/arpafvg

Segnali dal Clima

Segnali dal Clima in FVG è una pubblicazione divulgativa che racconta i cambiamenti climatici partendo da un'ottica locale e regionale e affronta questo grande tema da tre prospettive: CAMBIAMENTI, IMPATTI, AZIONI.

Nasce dall'impegno del Gruppo di lavoro tecnico-scientifico Clima FVG e dalla convinzione che le sfide che i cambiamenti climatici pongono alla nostra società si possano affrontare efficacemente solo se allo sviluppo scientifico e tecnologico si accompagnano una crescita della conoscenza e una consapevolezza sempre più diffusa sul tema da parte di tutta la popolazione.

Segnali dal Clima affronta diversi aspetti dei cambiamenti climatici partendo dal racconto di eventi e situazioni che hanno riguardato il Friuli Venezia Giulia nel 2022, ma anche evidenziando come la dimensione locale sia collegata a quella globale attraverso riferimenti a eventi e situazioni verificatisi al di fuori della nostra regione e su scala più ampia.

Al racconto degli eventi e dei fenomeni si accompagnano le spiegazioni delle cause che li hanno prodotti. Un filo rosso – CAMBIAMENTI, IMPATTI, AZIONI - unisce i diversi articoli, i nostri "segnali dal clima", collegando i cambiamenti in atto con i loro effetti sull'ambiente e sulle attività umane, ma anche con le azioni che possiamo mettere in campo sia per limitare il riscaldamento globale e i cambiamenti del clima (mitigazione) che per ridurre gli impatti che ne conseguono (adattamento).

Il 2022 è stato l'anno più caldo mai registrato in Friuli Venezia Giulia: alle alte temperature si è associata una grave e prolungata siccità, che ha determinato pesanti conseguenze per il nostro territorio. Alle criticità più acute che hanno occupato le pagine dei giornali per diversi mesi si affianca però un flusso più graduale e meno evidente di effetti che si manifestano negli anni. Il racconto parte quindi dagli argomenti più propriamente "climatici" – a iniziare dalle temperature dell'aria e dalle precipitazioni e dai loro effetti sul mare e sui ghiacci – e indaga poi alcuni ambiti in cui gli effetti dei cambiamenti climatici si manifestano in Friuli Venezia Giulia: dalle modifiche graduali ma profonde degli ecosistemi, agli incendi che hanno devastato i nostri boschi nell'estate 2022, all'agricoltura, mettendo in luce alcune possibili risposte e soluzioni e come queste emergano dalle conoscenze prodotte dagli enti scientifici e di ricerca e dalle attività delle agenzie e strutture regionali.

Segnali dal Clima in FVG non è quindi un report sullo "stato del clima" in Friuli Venezia Giulia: non ha l'obiettivo di fornire un quadro completo ed esaustivo della tematica, non ne esplora tutti gli aspetti e i settori ambientali e socioeconomici coinvolti, non passa in rassegna tutte le conoscenze disponibili. È però, appunto, un segnale: un segnale di cosa sta accadendo, di quanto sia importante prenderne coscienza ed agire, di come la società, la pubblica amministrazione e il mondo scientifico si stiano già attivando.

Il gruppo di lavoro tecnico-scientifico Clima FVG

L'ABC DEL CLIMA

Per rendere gli argomenti accessibili a tutti, negli articoli sono inseriti alcuni box a sfondo arancione pensati per avvicinare al pubblico alcuni termini e concetti tecnico-scientifici a cui è necessario fare riferimento quando si spiegano argomenti e fenomeni collegati ai cambiamenti climatici.

DAL LOCALE AL GLOBALE

Con uno sfondo grigio sono evidenziati gli articoli che riportano notizie e informazioni relative a realtà extra-regionali e che ci consentono di ampliare la nostra visione, collegando ciò che avviene in Friuli Venezia Giulia con conoscenze generali e con fenomeni a scala più ampia.

GRUPPO DI LAVORO TECNICO-SCIENTIFICO CLIMA FVG

CHI SIAMO

Enti che producono, diffondono e utilizzano la conoscenza sui cambiamenti climatici e sui loro impatti in Friuli Venezia Giulia:

ARPA FVG
CNR-ISMAR e CNR-ISP
ICTP
OGS
REGIONE FVG
UNIVERSITÀ DI TRIESTE
UNIVERSITÀ DI UDINE

LA NOSTRA STORIA

Abbiamo condiviso le nostre conoscenze e competenze per realizzare nel 2018 il primo Studio conoscitivo sui cambiamenti climatici in FVG.

Nel 2022 la Regione FVG ha istituito formalmente il Gruppo di lavoro.

COSA FACCIAMO

- collaboriamo e condividiamo le conoscenze prodotte dai diversi esperti in FVG sui cambiamenti climatici e le tematiche collegate
- forniamo un orientamento tecnico-scientifico e un supporto alle decisioni a chi pianifica l’azione climatica e in particolare l’adattamento
- facilitiamo il trasferimento delle conoscenze tecnico-scientifiche a chi le deve applicare
- divulghiamo al pubblico le conoscenze sui cambiamenti climatici, sui loro effetti e sulle azioni per fronteggiarli, in modo che ciascuno possa accrescere la propria consapevolezza di come il clima agisce su di noi e di come noi agiamo sul clima

Gruppo di lavoro Clima FVG

Il gruppo di lavoro tecnico-scientifico "Clima FVG" istituito dalla Regione autonoma Friuli Venezia Giulia nel 2022 riunisce le eccellenze tecniche e scientifiche presenti in FVG, in grado di fornire all'amministrazione regionale e a tutti gli enti e soggetti del FVG le conoscenze più aggiornate per affrontare i cambiamenti climatici sul nostro territorio.

Ad ARPA FVG è stato affidato il coordinamento del team, che è composto da esperti di ICTP, OGS, CNR, delle Università di Udine e di Trieste e della stessa Regione: gli stessi che avevano elaborato e pubblicato, nel 2018, il primo Studio conoscitivo dei cambiamenti climatici e di alcuni loro impatti in Friuli Venezia Giulia.

Il Gruppo di lavoro Clima FVG innanzitutto facilita la condivisione e la collaborazione tra i soggetti esperti che in regione producono conoscenze tecnico-scientifiche sui cambiamenti climatici e sui loro effetti.

Fornirà quindi un orientamento e un supporto consultivo alla pianificazione regionale delle azioni per il clima e in particolare per l'adattamento ai cambiamenti climatici.

L'attività del gruppo Clima FVG favorirà poi il trasferimento delle conoscenze scientifiche ai tecnici che le applicheranno sul territorio.

E infine, tutti i componenti del gruppo di lavoro credono che sia indispensabile divulgare queste conoscenze alla cittadinanza, promuovendo quella che si chiama "climate literacy" ovvero l'alfabetizzazione climatica che mette ciascuno di noi in condizione di comprendere la propria influenza sul clima e l'influenza del clima su ciascuna persona e sulla società.

La redazione di "Segnali dal Clima in FVG" è un primo passo per dare concretezza a questo fondamentale obiettivo.

Chi siamo?

	ARPA FVG – Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente		Fulvio Stel (coordinatore) e Federica Flapp
	CNR - Istituto di Scienze Marine di Trieste		Fabio Raicich
	CNR - Istituto di Scienze Polari		Renato Colucci
	ICTP - International Centre for Theoretical Physics di Trieste		Filippo Giorgi
	OGS - Istituto nazionale di oceanografia e di geofisica sperimentale di Trieste:		Cosimo Solidoro
	Regione autonoma Friuli Venezia Giulia		Silvia Stefanelli ed Enzo Dall'Osto
	Università degli Studi di Trieste		Giovanni Bacaro
	Università degli Studi di Udine		Alessandro Peressotti

Immagine di muammark su Freepik

SOMMARIO

IL METEO
E IL CLIMA

DATI METEO DEL 2022: UN ANNO SICCITOSO E IL PIÙ CALDO DI SEMPRE

Il 2022 è stato un anno caratterizzato da temperature dell'aria e del mare decisamente più alte rispetto alla norma e da piogge quasi ovunque inferiori del 30-50%. Sono "segnali" di un cambiamento climatico in atto anche in Friuli Venezia Giulia.

Quali "segnali dal clima" possiamo cogliere guardando ai dati meteo registrati in Friuli Venezia Giulia nel 2022?

Pur ricordandoci di tener sempre presente la distinzione tra meteo e clima, gli andamenti della temperatura – dell'aria e del mare – e delle precipitazioni dell'anno scorso confermano ancora una volta le tendenze già evidenziate negli ultimi decenni. E segnano anche qualche nuovo record.

TEMPERATURA DELL'ARIA DA RECORD

La temperatura media annuale del 2022 in Friuli Venezia Giulia è risultata più alta di oltre 1 °C rispetto al trentennio climatico di riferimento 1991- 2020. L'incremento è ancora più accentuato se consideriamo l'andamento termico secolare registrato a Udine: l'analisi dei dati dal 1901 mostra come il 2022 è stato decisamente l'anno più caldo mai registrato, con un incremento rispetto alla media del secolo scorso di +2 °C, segno del cambiamento climatico in atto anche nella nostra regione.

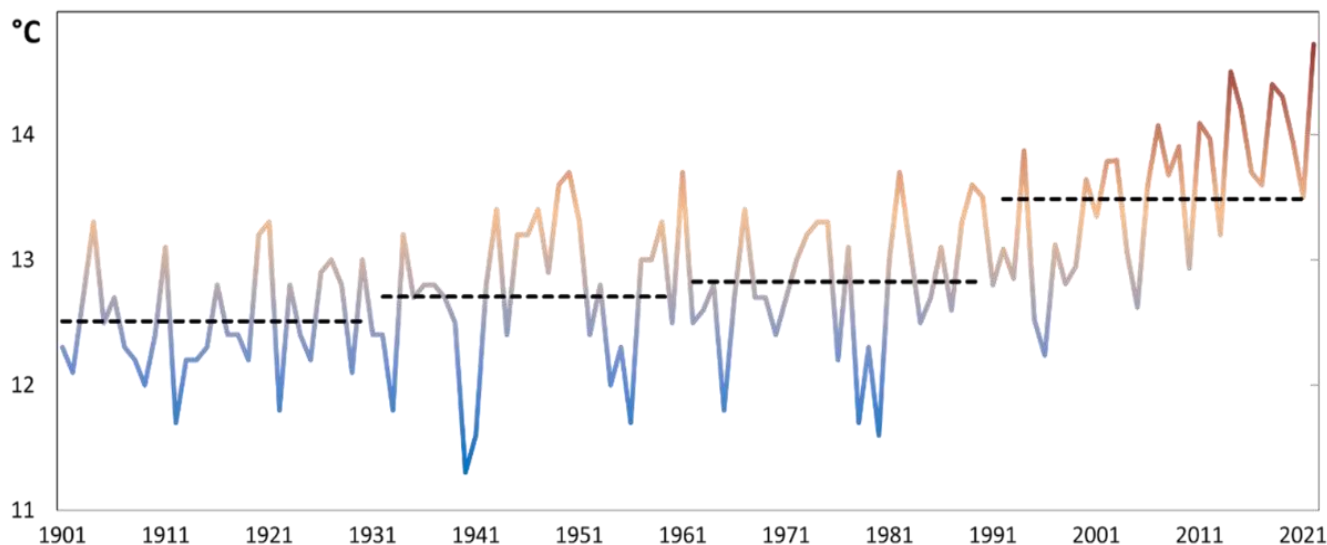
A questo aumento della temperatura ha molto contribuito la particolare circolazione atmosferica estiva caratterizzata dalla quasi costante presenza dell'anticiclone africano. Si è avuta una prevalenza di tempo soleggiato e temperature massime costantemente molto alte: da metà maggio a metà settembre la media delle temperature massime in pianura si è attestata intorno ai 31 °C

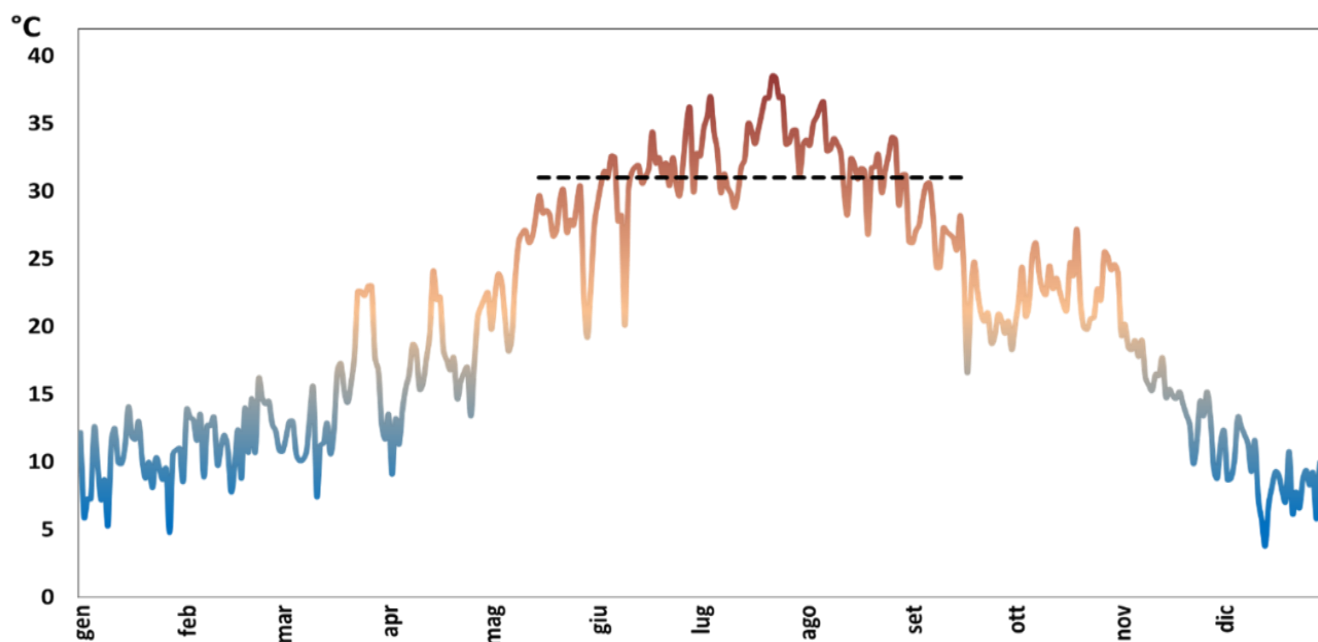
METEO, CLIMA E CAMBIAMENTI CLIMATICI

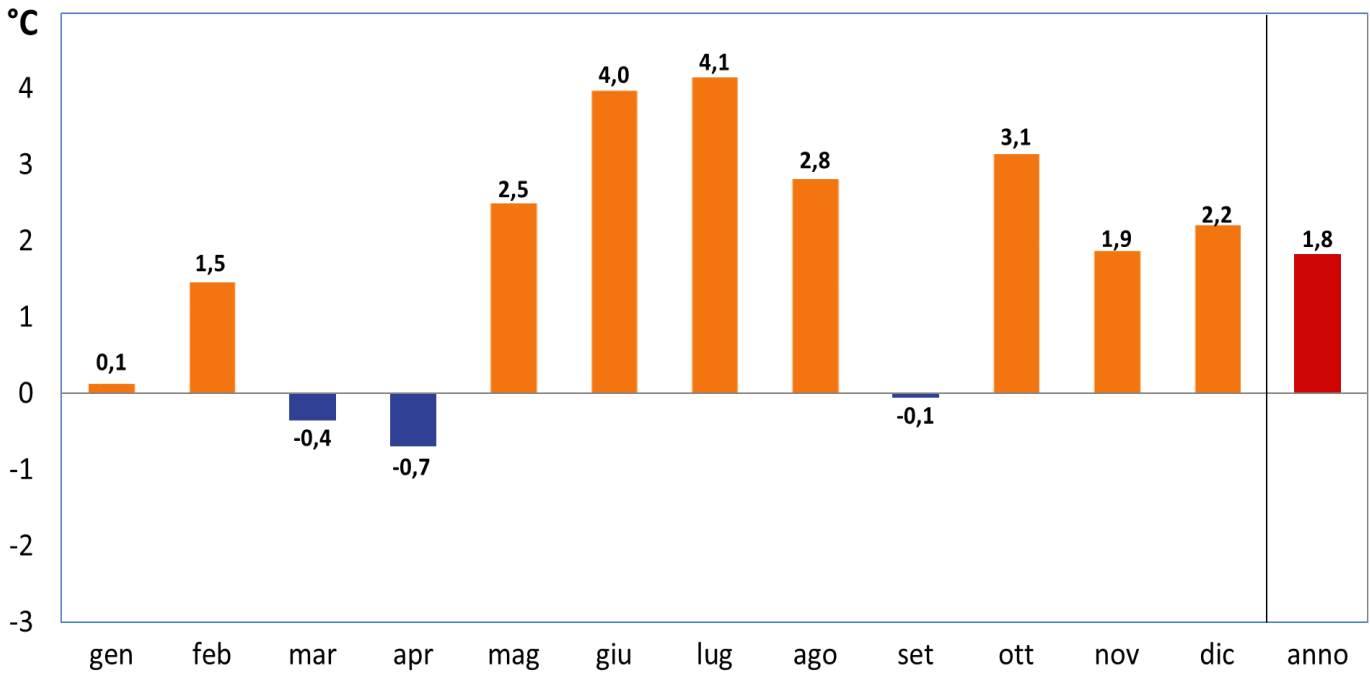
Il METEO o tempo meteorologico è dato da condizioni e fenomeni atmosferici che si verificano in un determinato momento e in un breve periodo di tempo (alcune ore o giorni).

Il CLIMA è invece dato dalla media delle condizioni atmosferiche registrate in lunghi periodi di tempo (in genere 30 anni) in un determinato territorio.

Alla naturale variabilità del clima si sovrappongono oggi i CAMBIAMENTI CLIMATICI causati dalle attività dell'uomo, divenuti sempre più rilevanti e rapidi negli ultimi decenni, sia a scala globale che a livello locale.

Temperatura media annuale a Udine dal 1901 al 2022

Andamento secolare della temperatura media annuale a Udine. (Dati: serieHistAlp1901-1991 Osmer-RAFVG1992-2022). Le linee tratteggiate orizzontali indicano le temperature medie trentennali.

Temperature massime giornaliere a Udine - 2022

Andamento delle temperature massime giornaliere registrate a Udine nel 2022 (linea continua). La linea orizzontale tratteggiata evidenzia la soglia dei 30 °C.

Analizzando nello specifico i dati termici medi mensili di quest'anno e confrontandoli con le medie del periodo 1901-2021, si nota come in pianura solo nei mesi di gennaio, marzo, aprile e settembre le temperature hanno mostrato valori vicini alla norma. Gli altri mesi, in particolare giugno e luglio son risultati molto più caldi.

Anomalia delle temperature medie mensili del 2022 a Udine rispetto al periodo1901-2021 (serie HistAlp1901-1991 Osmer-RAFVG 1992-2022)

COME MAI ABBIAMO SOFFERTO MENO IL CALDO RISPETTO AL 2003?

Durante l'estate del 2022 sulla pianura regionale sono state oltre 40 le giornate in cui la sensazione di afa si è fatta sentire a livelli più o meno intensi.

È però interessante notare che, nonostante le temperature dell'estate del 2022 siano state molto alte, i livelli di umidità sono risultati invece spesso piuttosto contenuti: ciò in molti casi ha limitato la sensazione di afa percepita dalla popolazione.

Infatti, confrontando i dati dell'indice di disagio bioclimatico (THOM) dal 1991 (Fig. 4), si vede come nell'estate 2022 il numero di giornate con livello di disagio elevato (o anche medio) sia risultato più contenuto del 2015 o del 2003.

COME SI MISURA IL DISAGIO BIOCLIMATICO?

La sensazione di caldo e di disagio percepita dal corpo umano in certe giornate estive è l'effetto della combinazione di determinati livelli di temperatura e umidità atmosferica.

Per misurare il grado di questo disagio bioclimatico in FVG si utilizza il "**Discomfort Index**" proposto da Thom: un indice calcolato utilizzando una tabella che mette in relazione temperatura e umidità relativa, combinandole in un unico valore.

In estate l'indice di Thom viene elaborato da ARPA FVG per il programma di contrasto degli effetti dannosi sulla salute delle ondate di calore della Regione.

Udine: numero di giorni di Disagio Bioclimatico (THOM max) da maggio a settembre negli anni 1991-2022

UN MARE PIÙ CALDO DELLA NORMA PER GRAN PARTE DELL'ANNO

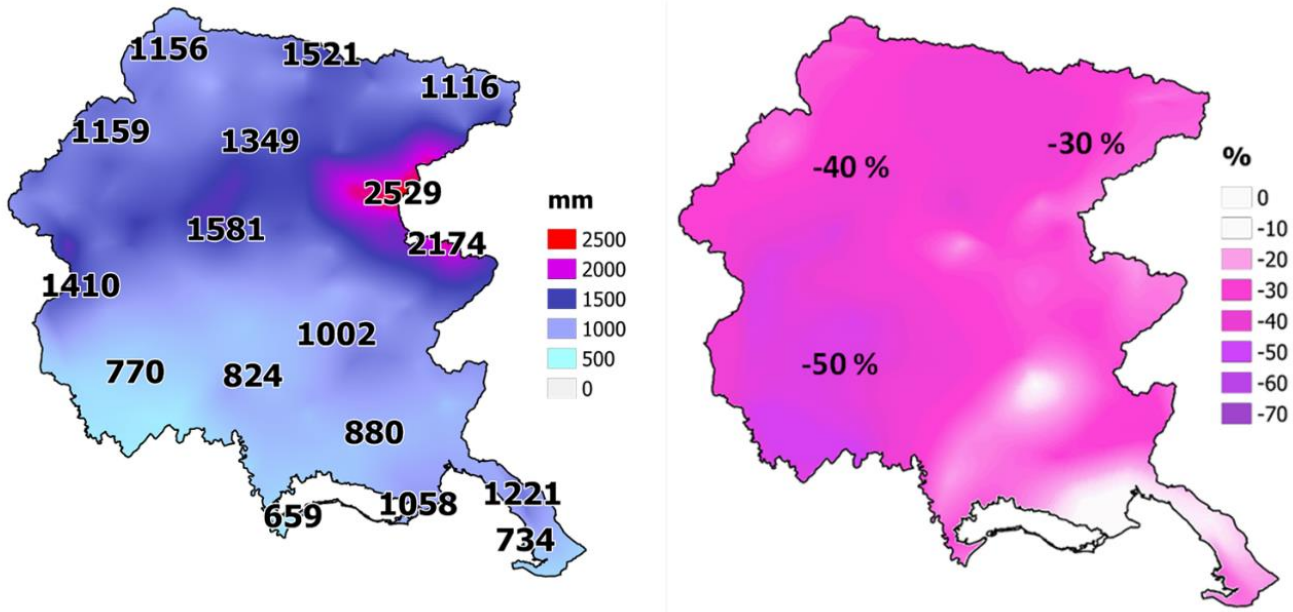
Anche la temperatura media del mare a 2 metri di profondità è stata di circa 1 °C più alta rispetto alla media del periodo di confronto 1995-2021.

Considerando l'andamento giornaliero si può osservare come a Trieste almeno nell'80% delle giornate la temperatura del mare è stata superiore alla media storica.

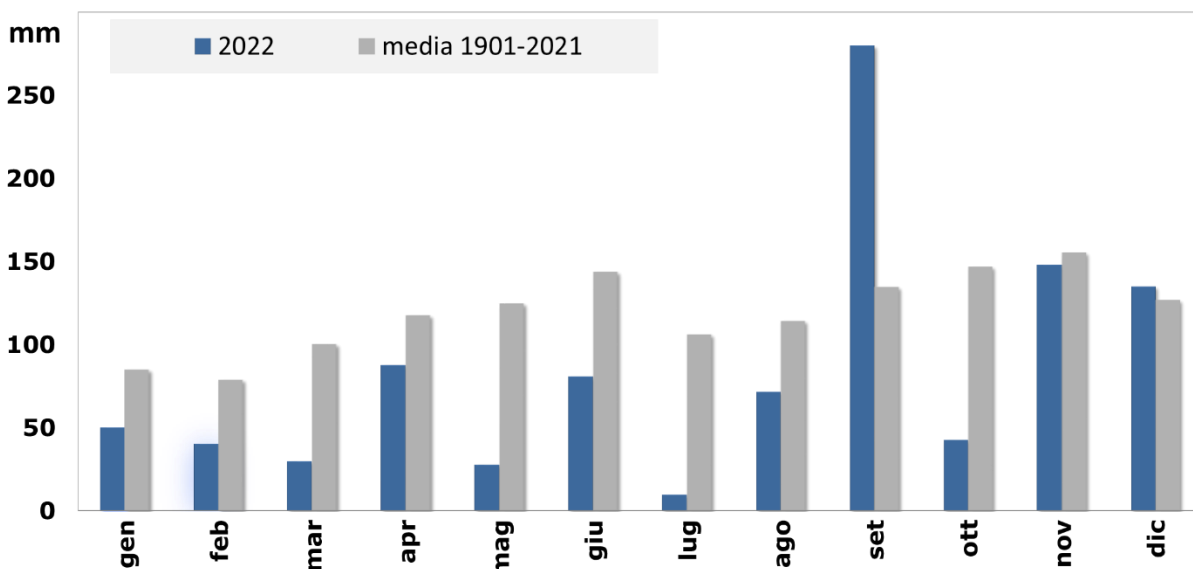
Andamento della temperatura media giornaliera del mare a Trieste nel 2022 e confronto con la media 1995-2021

UN ANNO AVARO DI PIOGGIA

La siccità ha colpito duramente la nostra regione durante tutto l'anno, portando anche a delle conseguenze importanti per l'agricoltura e facilitando i grandi incendi boschivi estivi che hanno interessato sia il Carso che la zona montana. Le precipitazioni cumulate, infatti, sono risultate quasi ovunque inferiori dal 30 al 50% rispetto alla climatologia (1991-2020); solo in alcune zone lungo la costa e nella media pianura friulana si sono registrati dei forti temporali autunnali che hanno riportato le precipitazioni nella norma.

Piovosità annuale e anomalia 2022

Precipitazioni cumulate dell'anno 2022 in FVG e variazione percentuale rispetto alla climatologia del trentennio 1991-2020.

Significative, ad esempio, le piogge mensili di Udine: solamente a settembre si sono registrate piogge molto elevate, dovute a un forte temporale localizzato; novembre e dicembre sono risultati vicini alla norma; tutti gli altri mesi hanno fatto registrare precipitazioni di gran lunga al di sotto della media del periodo 1901-2021, facendo risultare il 2022 l'anno più secco registrato a Udine dal 1945.

Piovosità mensile a Udine

Precipitazioni mensili nel 2022 e confronto con la media del periodo 1901-2021 a Udine.

2022: ALCUNI EVENTI METEO DA RICORDARE

Degni di nota sono anche alcuni eventi meteo che hanno caratterizzato la seconda metà dell'anno interessando alcune località del Friuli Venezia Giulia:

- 26 luglio – un forte temporale ha causato raffiche di vento molto forti nel Pordenonese e forti grandinate locali. A Vivaro è stata registrata una raffica massima di 136 km/h, la più forte mai registrata sulla pianura friulana;
- 18 agosto - al passaggio di un sistema temporalesco sono state registrate raffiche di vento forte da sud-ovest con valori sopra i 100 km/h in alta quota e a Lignano;
- 8 settembre - Grado è stata interessata da temporali stazionari alimentati dallo Scirocco che hanno fatto registrare 164 mm di pioggia;
- 10 novembre – sempre a Grado, lo Scirocco dal mare ha alimentato una pioggia incessante che è arrivata a 194 mm, valore che non era mai stato registrato in 24 ore almeno dal 1960;
- 22 novembre - nell'isola di Grado è stato registrato un livello di acqua alta eccezionale di 169 cm sopra il livello medio mare a causa dell'interazione tra l'alta marea, il forte vento di Scirocco e una profonda depressione sull'Alto Adriatico; anche le zone più basse di Muggia e Trieste sono andate sott'acqua causando diversi disagi.

Andrea Cicogna, Federica Flapp, Valentina Gallina
ARPA FVG

Foto: Enrico Bellan

DAL LOCALE AL GLOBALE: ANOMALIE CLIMATICHE ED EVENTI ESTREMI DEL 2022 NEL MONDO

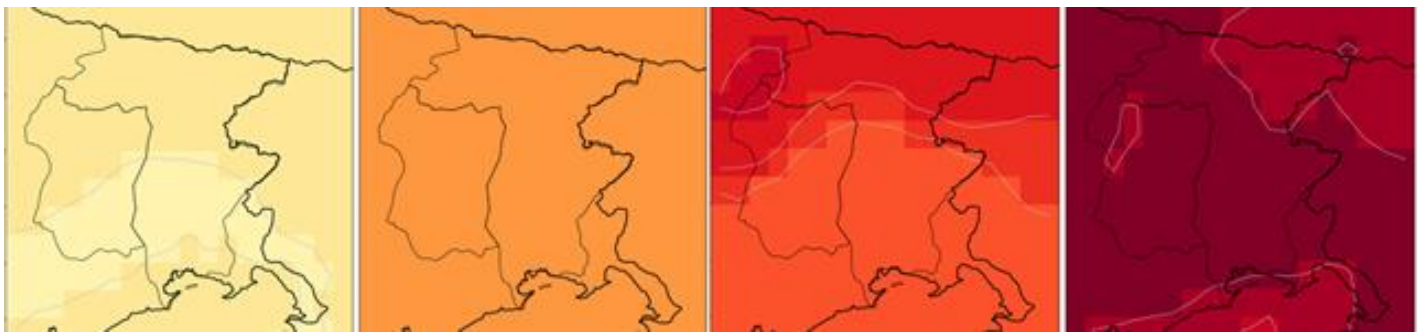
A livello globale, il 2022 è stato il sesto anno più caldo dal 1880, con una temperatura globale di circa 0.86 °C maggiore della media del ventesimo secolo. Da notare che il 2022 è stato un anno caratterizzato da "La Niña", fenomeno che tende a produrre temperature relativamente basse su gran parte del Pacifico e quindi abbassa la media globale. Molte anomalie climatiche estreme sono occorse durante l'anno, a testimonianza del fatto che il cambiamento climatico continua ad essere un'emergenza planetaria.

- Gran parte dell'Europa, incluso il territorio italiano, è stata soggetta ad una delle peggiori siccità negli ultimi 500 anni, con quantità di pioggia molto minori della media per tutto il periodo primaverile ed estivo. In estate ci sono state ondate di calore di entità paragonabile a quelle record del 2003.
- Nel marzo 2022 c'è stata una anomalia termica in Antartide che ha toccato i 38.5 °C, e al contempo una anomalia termica in Artide di più di 25 °C. Questo fenomeno non si era mai verificato da quando si prendono misure.
- In Giappone a giugno c'è stata la peggiore ondata di calore dal 1875.
- Ci sono stati diversi uragani e tifoni di intensità e precipitazioni record che hanno devastato varie regioni del globo: Agatha (Messico), Ian (Caraibi/Florida), Fiona (Canada), Hinamnor e Noru (Asia Orientale), Batsirai e Emnati (Madagascar).
- Si sono verificate pioggia record e alluvioni in Pakistan a luglio-agosto, che hanno colpito circa 30 milioni di persone.
- Si sono registrate piogge record in Cina a giugno.
- Pioggia record e alluvioni si sono verificate in Australia orientale a febbraio-marzo.
- Dalla primavera fino ad ottobre, condizioni particolarmente calde e secche hanno alimentato estesi incendi boschivi nelle regioni occidentali del Nord America.

Tutti questi eventi continuano un trend, ormai presente nelle ultime decadi, di aumento di eventi cosiddetti catastrofali di carattere meteo-climatico che, da dati delle compagnie di assicurazione, sono aumentati da circa 200 all'anno negli anni '80 a circa 800 negli ultimi anni. Anche se non si possono attribuire eventi singoli al riscaldamento globale, questo trend è del tutto compatibile con il riscaldamento globale in atto, che a sua volta è stato attribuito in maniera inequivocabile all'aumento delle emissioni di gas serra da attività umane - principalmente derivanti dall'uso dei combustibili fossili - dall'ultimo rapporto dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) del 2021.

Filippo Giorgi
ICTP – Centro Internazionale di Fisica Teorica

QUALI FUTURI CLIMATICI IN FVG?

Le condizioni climatiche future della nostra regione dipenderanno dalle scelte che facciamo oggi. Se ridurremo rapidamente e drasticamente le emissioni climalteranti, l'aumento delle temperature rimarrà entro limiti a cui potremo adattarci. Altrimenti ci aspetta un futuro climatico difficilmente sostenibile, con estati caldissime e siccitose.

Abbiamo visto come le serie storiche più lunghe, insieme ai dati rilevati dalla rete meteorologica regionale e alle elaborazioni di ARPA FVG – OSMER, ci permettono di vedere come è cambiato e come sta cambiando il clima del Friuli Venezia Giulia, ma la domanda che tutti – cittadini, mondo produttivo, decisori – si pongono è: come cambierà il clima della nostra regione nei prossimi decenni.

LE PROIEZIONI CLIMATICHE PER IL FVG

Il clima futuro può essere non letteralmente "previsto", ma delineato in termini probabilistici attraverso proiezioni che si ottengono tramite l'utilizzo di modelli climatici che stanno diventando sempre più evoluti (come ci spiega più avanti Filippo Giorgi nel suo articolo).

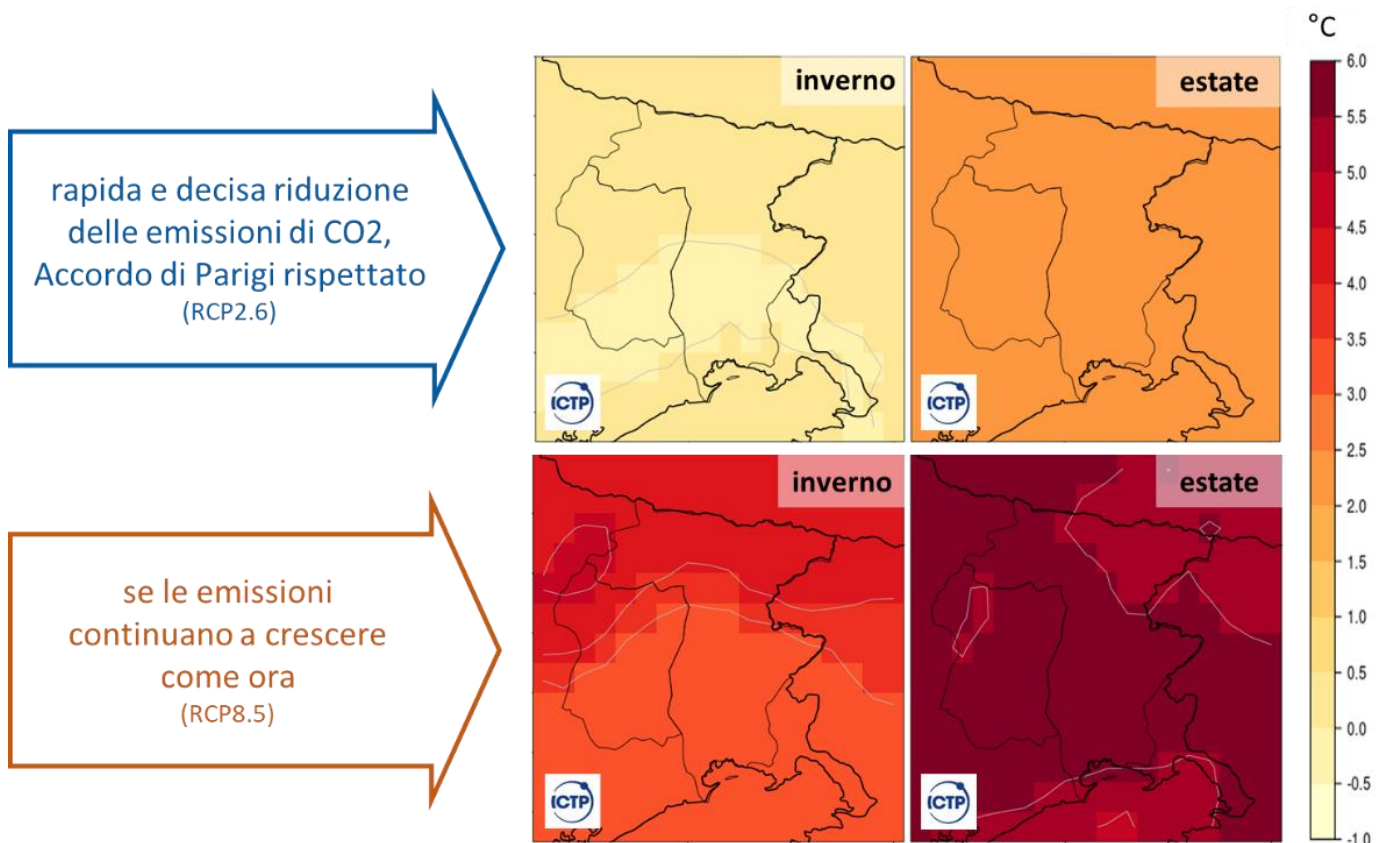
Nel 2018 per la prima volta sono state rese disponibili le proiezioni climatiche ritagliate "su misura" per il Friuli Venezia Giulia, che sono state elaborate da ICTP (Centro Internazionale di Fisica Teorica di Trieste) a partire dai dati di diversi modelli climatici a scala europea, nell'ambito dello *Studio conoscitivo dei cambiamenti climatici e di alcuni loro impatti in FVG*, promosso dall'Amministrazione regionale, coordinato da ARPA FVG e realizzato in collaborazione con gli enti scientifici e di ricerca che oggi compongono il Gruppo di lavoro Clima FVG.

COME CAMBIERANNO LE TEMPERATURE IN FVG

Le proiezioni di cambiamento climatico in Friuli Venezia Giulia per il XXI secolo, elaborate da ICTP, prospettano in generale un ulteriore riscaldamento, modulato però dai diversi scenari di sviluppo.

Se le emissioni di gas climalteranti continueranno a crescere secondo l'attuale andamento (scenario cosiddetto "business as usual", indicato con la sigla RCP8.5), in regione potremmo aspettarci a fine secolo un aumento di temperatura fino a 5 °C in inverno e fino a 6 °C in estate, con un forte aumento di ondate di calore.

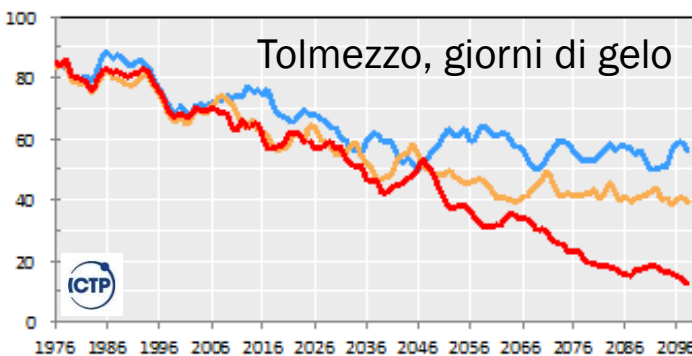
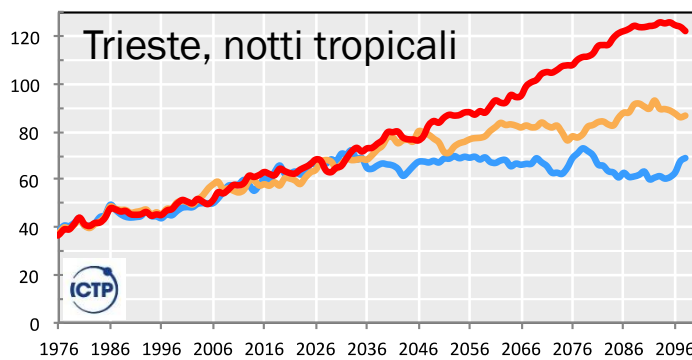
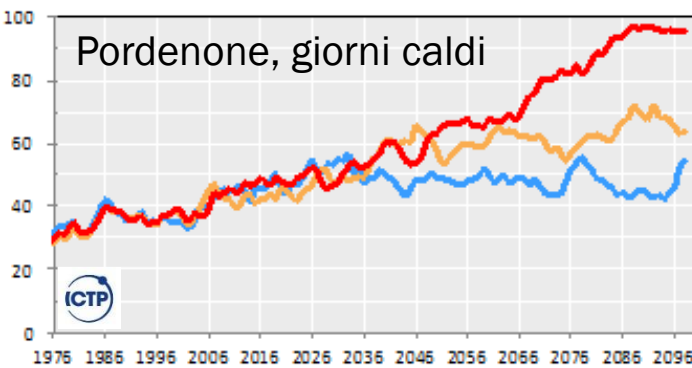
Invece nello scenario più virtuoso (RCP2.6), cioè quello che si verificherebbe se le emissioni globali di gas climalteranti venissero rapidamente e drasticamente diminuite, dando attuazione all'Accordo di Parigi, i modelli indicano che in Friuli Venezia Giulia le temperature continueranno a crescere fino a metà secolo, ma poi si stabilizzeranno e l'anomalia termica rimarrà entro 1-2 °C in inverno e 2-3 °C in estate a fine secolo.

Aumento delle temperature medie in FVG a fine secolo in due diversi scenari

Anomalia delle temperature medie invernali ed estive in Friuli Venezia secondo le proiezioni al 2071-2100 rispetto al trentennio di riferimento 1976-2005 per gli scenari RCP2.6 (Accordo di Parigi rispettato) e RCP8.5 (se continuerà l'attuale tendenza all'aumento delle emissioni). Fonte: ICTP, Earth System Physics in Studio conoscitivo dei cambiamenti climatici e di alcuni loro impatti in FVG *(ARPA FVG, 2018)*

Per farci un'idea di come le variazioni della temperatura influenzeranno le nostre condizioni di vita, oltre alle temperature medie è utile analizzare alcuni "indicatori climatici" relativi agli estremi di temperatura.

Ad esempio, nello scenario a emissioni crescenti, aumenterà decisamente il numero di giorni caldi, in cui la temperatura supera i 30 °C (es. a Gorizia, Pordenone e Udine da 20-30 giorni caldi nel periodo 1976-1985 si arriverà a 90-100 a fine secolo) e il numero di notti "tropicali" in cui la temperatura non scende sotto ai 20 °C (es. a Trieste da 40 notti tropicali nel periodo 1976-1985 si arriverà a oltre 120 a fine secolo). Nello scenario "Accordo di Parigi" (RCP2.6) queste variazioni saranno decisamente meno marcate e gli indicatori si assesteranno su valori non troppo distanti dagli attuali. Nello scenario intermedio (RCP4.5) l'aumento delle notti e dei giorni caldi sarà meno drammatico che nello scenario più estremo, ma sarà comunque rilevante.

Per quanto riguarda il freddo, diminuiranno in generale in modo consistente i giorni di gelo (in cui la temperatura scende sotto i 0 °C): anche per questo indicatore, la variazione sarà molto più marcata nello scenario più estremo.

Andamento nel tempo del numero di giorni caldi, notti tropicali e giorni di gelo in diversi scenari

Andamento di tre indicatori di estremi di temperatura:

- *numero di giorni caldi (con temperatura massima superiore a 30 °C)*
- *numero di notti tropicali (con temperatura minima superiore a 20 °C)*
- *numero di giorni di gelo (con temperatura minima inferiore a 0 °C)*

in tre diversi scenari:

- *RCP2.6 (Accordo di Parigi rispettato)*
- *RCP4.5 (scenario intermedio)*
- *RCP8.5 (se continuerà l'attuale tendenza all'aumento delle emissioni)*

in diverse località del Friuli Venezia Giulia.

Fonte: ICTP, Earth System Physics in Studio conoscitivo dei cambiamenti climatici e di alcuni loro impatti in FVG *(ARPA FVG, 2018)*

RCP2.6 scenario «Accordo di Parigi»
RCP4.5 scenario intermedio
RCP8.5 scenario senza mitigazione

COME CAMBIERANNO LE PRECIPITAZIONI IN FVG

L'andamento futuro delle precipitazioni è più complesso da delineare, data la marcata variabilità di questi fenomeni sia nel tempo che nello spazio.

In entrambi gli scenari emissivi – "Accordo di Parigi" ed emissioni crescenti - si prefigura per la fine del secolo un aumento delle precipitazioni nel periodo invernale, più accentuato nello scenario a emissioni crescenti, con un possibile incremento anche degli eventi di precipitazione intensa.

La differenza tra i due scenari emissivi è invece molto rilevante per quanto riguarda le precipitazioni estive, che diminuiranno del 15-20 % in una vasta parte della regione se le emissioni di gas climalteranti continueranno a crescere.

Variazione delle precipitazioni in FVG a fine secolo in due diversi scenari

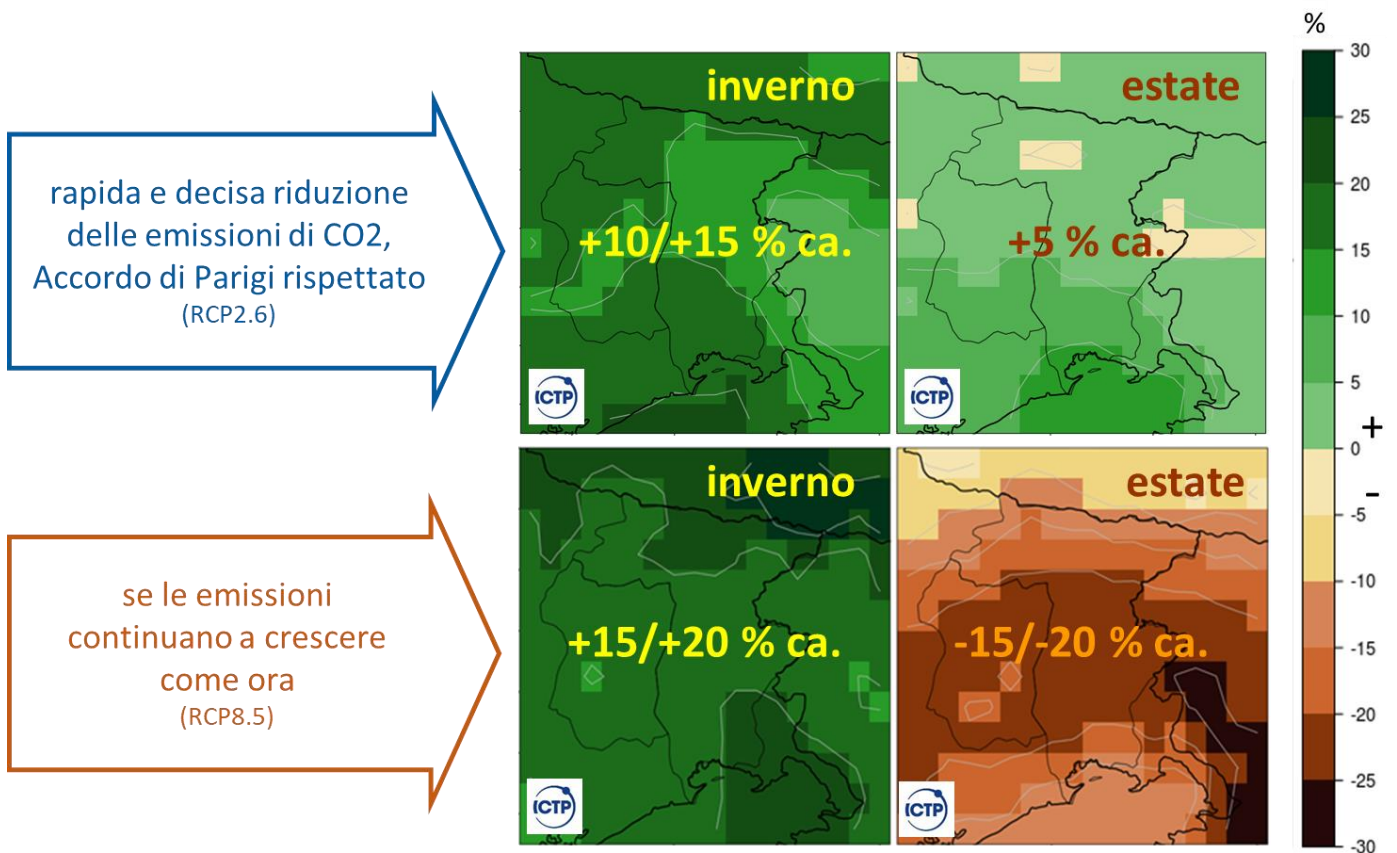
rapida e decisa riduzione delle emissioni di CO2, Accordo di Parigi rispettato (RCP2.6)

inverno: +10/+15 % ca.
estate: +5 % ca.

se le emissioni continuano a crescere come ora (RCP8.5)

inverno: +15/+20 % ca.
estate: -15/-20 % ca.

% 30 25 20 15 10 5 0 + - -5 -10 -15 -20 -25 -30

ICTP

Anomalia delle precipitazioni invernali ed estive in Friuli Venezia secondo le proiezioni al 2071-2100 rispetto al trentennio di riferimento 1976-2005 per gli scenari RCP2.6 (Accordo di Parigi rispettato) e RCP8.5 (se continuerà l'attuale tendenza all'aumento delle emissioni,). Fonte: ICTP, Earth System Physics in Studio conoscitivo dei cambiamenti climatici e di alcuni loro impatti in FVG *(ARPA FVG, 2018)*

I PROSSIMI PASSI PER MIGLIORARE LE PROIEZIONI CLIMATICHE PER IL FRIULI VENEZIA GIULIA

Per quanto riguarda i dati futuri per gli scenari RCP2.6, 4.5 e 8.5, è in corso una collaborazione con ARPA Veneto in cui, per diverse variabili e indicatori climatici, è stato eseguito un downscaling statistico.

La collaborazione con ARPA Veneto porterà alla pubblicazione di una piattaforma web in cui verranno resi pubblici e scaricabili i dati corretti per Veneto e Friuli Venezia Giulia. Il database dei modelli RCM potrà poi essere aggiornato con i modelli RCM di ultima generazione e con nuove variabili e indicatori, accompagnando gli sviluppi del settore e le esigenze del territorio.

DOWNSCALING

Il downscaling è un procedimento che consente di aumentare la risoluzione spaziale dei modelli e di rappresentare meglio i fenomeni a scala regionale e locale. Il downscaling dei modelli climatici è quindi un tentativo di colmare il divario tra gli effetti a scala più ampia e quelli locali, stratificando i dati a livello locale su modelli climatici che lavorano su macro-regioni a scala continentale (RCM –Regiona Climate Models), in modo da migliorarne la risposta.

RIASSUMENDO

Le condizioni climatiche future del Friuli Venezia Giulia, come quelle globali, saranno la conseguenza delle scelte che facciamo oggi:

- → se ridurremo rapidamente e drasticamente le emissioni climalteranti, le temperature saliranno ancora un po', ma resteranno entro limiti a cui potremo adattarci;
- → se invece le emissioni continueranno ad aumentare, ci aspetta un futuro climatico difficilmente sostenibile, con estati caldissime e siccitose.

In pratica, la nostra regione si "sposterà" climaticamente più a sud: di quanto, dipende da noi.

"Spostamento" climatico delle nostre città verso sud

T media annua Udine

1961-1990: **12.9 °C**

1991-2020: **13.5 °C**

2070-2100 RCP 2.6: **14.5 °C**

2070-2100 RCP 8.5: **17.4 °C**

Udine 2070-2100 (scenario RCP 2.6 ad emissioni fortemente ridotte)

Udine 2070-2100 (scenario RCP 8.5 ad emissioni crescenti)

T media annua 1961-1990 di altre città italiane

Ancona: **13.4 °C**

Pescara: **14.3 °C**

Catania: **17.3 °C**

Cambiamento della temperatura media annua di Udine a partire dal trentennio di riferimento 1961-1990, rappresentato come «spostamento» della città verso sud, calcolato confrontando le proiezioni climatiche per Udine al 2070-2100 (ICTP per ARPA FVG, 2018) e la media climatica 1961-1990 di altre località italiane

Naturalmente, l'entità dei cambiamenti del clima nel nostro territorio determinerà l'entità dei conseguenti impatti sui sistemi naturali e sui diversi settori socioeconomici regionali, come le risorse idriche, i servizi ecosistemici, l'agricoltura, la salute, il turismo e così via.

Riportando lo sguardo al presente, vediamo che molti effetti dei cambiamenti climatici si stanno già manifestando, come ci illustrano diversi articoli in questo numero di "Segnali dal Clima".

Federica Flapp, Valentina Gallina
ARPA FVG

"PREVEDERE" IL CLIMA: I MODELLI CLIMATICI, LE PROIEZIONI E GLI SCENARI

I modelli climatici sono degli strumenti informatici che descrivono matematicamente il comportamento dell'atmosfera e degli oceani del nostro pianeta, a scala globale o "regionale" (in questo contesto, il termine si riferisce a macro-regioni quali l'intera Europa).

Grazie alle moderne capacità di calcolo, questi modelli permettono di riprodurre l'evoluzione del sistema climatico sia per il futuro che per il passato (infatti i modelli possono "lavorare all'indietro"). Per verificare la bontà dei modelli climatici si confronta l'andamento passato che essi simulano con le osservazioni effettuate nella realtà.

Nonostante le leggi della natura descritte dai modelli climatici siano le stesse di quelli meteorologici (utilizzati per le "previsioni del tempo"), gli obiettivi dei due strumenti sono diversi, così come l'orizzonte temporale nel quale vengono applicati. Quindi da un modello climatico ci si attende che descriva gli andamenti di temperatura, precipitazioni ecc. nel tempo, spingendosi avanti anche per diversi decenni, senza però la pretesa di riprodurre singoli eventi o condizioni meteorologiche in determinati momenti del futuro (es. non possiamo aspettarci che un modello climatico ci dica "che tempo farà" il 23 aprile 2056). Si parla quindi non di previsioni, ma di "proiezioni" climatiche, che ci danno i valori più probabili di determinate variabili (es. la temperatura atmosferica), in determinati periodi di tempo (es. 2071-2100), con una certa "forchetta" tra i valori possibili dovuta all'incertezza insita in tutte gli strumenti previsionali di questo tipo.

Infine, è importante tener presente che le proiezioni climatiche variano a seconda dei possibili scenari futuri di sviluppo demografico, sociale ed economico: infatti questi ultimi condizioneranno l'entità delle emissioni di gas climalteranti, che sono la causa principale del riscaldamento globale a cui già stiamo assistendo.

L'IPCC, massima autorità mondiale in materia, combina gli scenari socio-economici (Percorsi Socioeconomici Condivisi o SSP) con le traiettorie di concentrazione di gas serra (RCP – Representative Concentration Pathways).

In diversi articoli di *Segnali dal Clima in FVG* le proiezioni fanno riferimento ad alcuni scenari RCP, da quello in cui si ipotizza una rapida e drastica riduzione delle emissioni climalteranti (RCP2.6) a quello in cui le emissioni continuano a crescere come tuttora sta accadendo (RCP8.5).

***Federica Flapp, Dario Giaiotti, Sara Menon, Alessandro Minigher, Alex Pividori* - ARPA FVG**

DAI NUOVI MODELLI CLIMATICI UN’INFORMAZIONE SEMPRE PIÙ DETTAGLIATA SUL CLIMA FUTURO

Uno degli strumenti principali di cui la comunità scientifica oggi dispone per la produzione di informazione climatica ad alto dettaglio spaziale è l'uso dei modelli climatici a scala regionale (nell’accezione internazionale di questo termine, che si riferisce a macro-regioni a scala continentale). I primi modelli climatici regionali sono stati sviluppati negli anni ‘80, quando questi modelli avevano una risoluzione spaziale di circa 50 km. Nel corso delle ultime decadi, l'aumento della potenza di calcolo disponibile ha fatto sì che si potessero raggiungere risoluzioni prima di circa 10 km e, durante gli ultimi anni, addirittura di 1-2 km. Questi modelli possono quindi fornire informazioni anche a scale tipiche di città o bacini idrografici di piccole dimensioni, e questo ha di molto aumentato l’utilità dell'informazione climatica necessaria per studi di impatti e adattamento al cambiamento climatico.

Diversi programmi Europei sono basati sull'uso di molteplici modelli regionali per lo studio dei cambiamenti climatici e di questi due sono di particolare interesse.

Il primo si chiama EURO-CORDEX, ed ha prodotto il più esteso dataset (insieme di dati organizzati) di proiezioni climatiche per il continente europeo, con una risoluzione spaziale di circa 10 km, tutt'ora disponibile a livello internazionale. Il dataset prodotto da EURO-CORDEX ha fornito le basi per innumerevoli studi di impatti e per i piani di adattamento di molto paesi europei.

L'ultima generazione di modelli regionali si è evoluta nei cosiddetti modelli "Convection Permitting", o CP, che consentono di raggiungere scale spaziali di 1-2 km, scale alle quali diversi importanti processi meteoclimatici, come la pioggia associata a sistemi convettivi intensi, possono essere descritti in maniera molto dettagliata. In particolare, il progetto CORDEX-FPS-Convection ha messo insieme un elevato numero di laboratori internazionali per produrre un dataset di proiezioni climatiche per il XXI secolo sull'area Alpina e le regioni circostanti. Questo ha fatto sì, tra le altre cose, che per la regione Friuli Venezia Giulia sia oggi disponibile una nuova generazione di scenari climatici di qualità e risoluzione senza precedenti. Questa è una risorsa di enorme valore per capire gli effetti dei cambiamenti climatici sulle attività del territorio regionale e pianificare adeguate misure di adattamento.

I modelli regionali di tipo CP sono ormai diventati lo strumento di punta per fornire informazione sugli effetti regionali e locali del riscaldamento globale e i prossimi anni vedranno un uso sempre crescente di questi modelli per fornire un’informazione sempre più dettagliata che possa supportare la pianificazione di efficaci politiche di risposta ai cambiamenti climatici.

Filippo Giorgi
ICTP – Centro Internazionale di Fisica Teorica

IL MARE E I GHIACCI

Foto: Agostino Manzato

LIVELLO MEDIO DEL MARE: IN CRESCITA ANCHE A TRIESTE

Il livello medio del mare a Trieste nel 2022 è stato coerente con quello osservato nell'ultimo decennio: non da record, ma comunque più alto che in tutto il secolo scorso.

Novembre è stato caratterizzato da due episodi di "acqua alta" lungo il litorale della regione, particolarmente accentuato quello del giorno 22.

I DATI DELLA STAZIONE PIÙ ANTICA DELL'ADRIATICO

La stazione mareografica di Trieste Molo Sartorio, attiva da oltre 150 anni, conferma che l'andamento del livello medio dell'Adriatico segue quello globale sulle scale temporali pluridecennali e secolari. Su questo si sovrappongono fluttuazioni su tempi più brevi, più direttamente legate alla circolazione atmosferica e marina del nord Atlantico e del Mediterraneo.

Nel 2022 il livello medio è stato di 165.5 cm. Benché sia il secondo più basso dell'ultimo decennio, è superiore ai livelli osservati durante tutto il secolo scorso, come si vede nella curva blu nella figura (pagina successiva).

COME VIENE MISURATO IL LIVELLO MARINO?

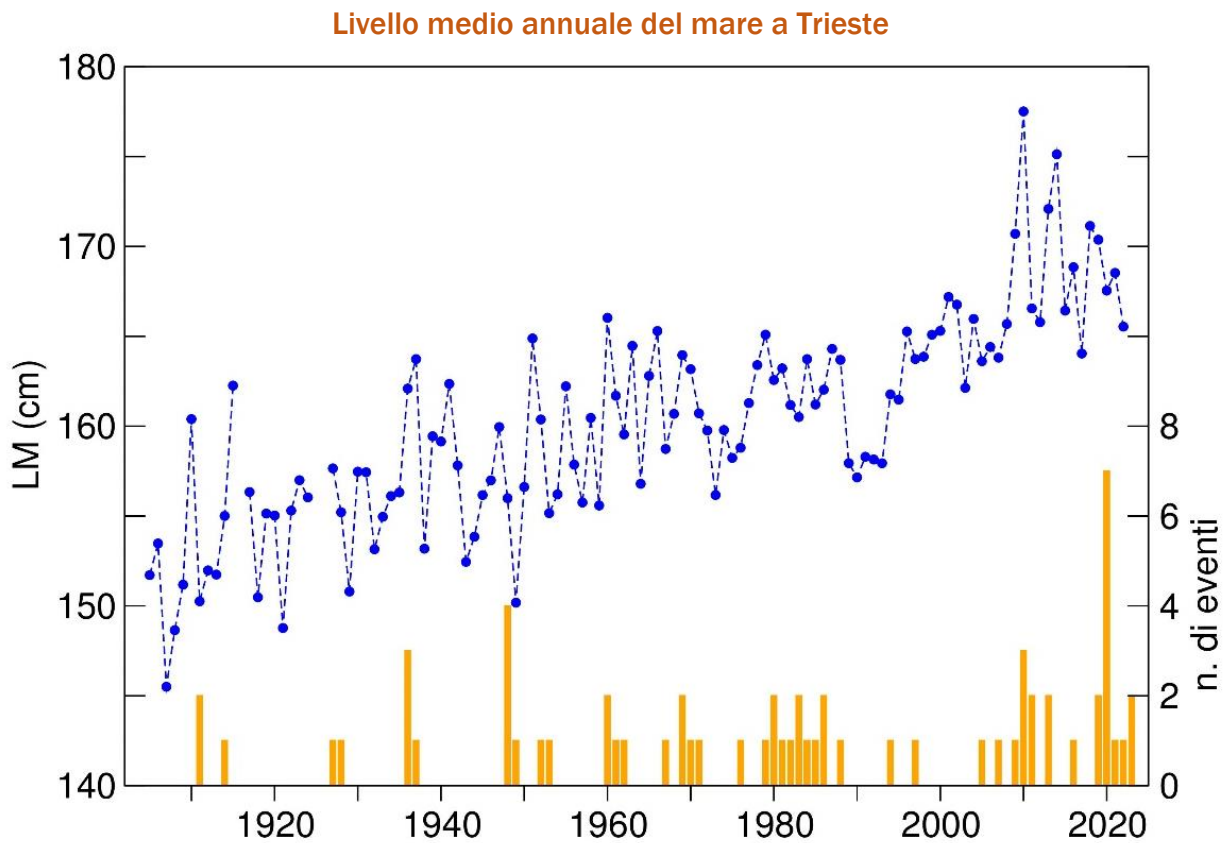
Al Molo Sartorio il livello marino viene misurato rispetto allo zero mareografico chiamato "Zero Istituto Talassografico", che si trova 166.2 cm sotto lo Zero altimetrico dell'Istituto Geografico Militare Italiano.

Attualmente la stazione include quattro mareografi. Uno, a sensore radar, è collegato con la centrale operativa della Protezione Civile del FVG e trasmette i dati del livello ogni 30 minuti. Gli altri, due dei quali digitali e uno analogico, sono dotati di sensore a galleggiante e fanno parte della rete meteomarina del CNR-ISMAR di Trieste; la registrazione dell'altezza istantanea del livello avviene ogni minuto.

L'istogramma arancione nella figura mostra invece, per ogni anno, il numero di giorni in cui il livello ha superato l'altezza del piano del Molo Sartorio.

Ben un terzo degli eventi (21 su 64) è stato osservato a partire dal 2010; pertanto, la loro frequenza media è quasi quadruplicata, passando da 0.4 eventi all'anno prima del 2010, a 1.5 eventi all'anno successivamente.

L'andamento del livello osservato a Trieste è rappresentativo dell'Adriatico settentrionale e quindi delle aree costiere del Friuli Venezia Giulia.

Tuttavia, nel confronto si deve tenere presente che, mentre il suolo a Trieste è relativamente stabile, quello delle aree lagunari è localmente soggetto a un significativo abbassamento per subsidenza. In questi casi, rispetto alla costa, il livello medio marino manifesta un aumento più rapido.

Livello medio (LM) annuale dal 1905 al 2022 osservato a Trieste Molo Sartorio (curva blu); l'altezza è misurata rispetto alla zero mareografico. Numero annuo di eventi di superamento del piano del molo Sartorio (istogramma arancione).

QUALI SONO LE CAUSE?

Il riscaldamento atmosferico globale in corso è responsabile dell'aumento del livello medio del mare attraverso due meccanismi:

- l'aumento del volume dell'Oceano per dilatazione termica,
- l'aumento della massa oceanica dovuto alla fusione dei ghiacci continentali.

Durante il ventesimo secolo il livello medio globale è aumentato alla velocità di 1.5-2.0 mm/anno, ma durante gli ultimi 30 anni l'aumento ha raggiunto circa 3 mm/anno.

LA DILATAZIONE TERMICA

Fenomeno fisico che si realizza quando un corpo aumenta di volume all'aumentare della temperatura.

QUALI SONO LE CONSEGUENZE?

Una delle conseguenze rilevanti per il litorale della nostra regione è, in media, la crescente frequenza di eventi di "acqua alta".

Tali fenomeni si verificano in corrispondenza di bassa pressione atmosferica e correnti di Scirocco lungo l'Adriatico, tipicamente in autunno e inverno.

Questi eventi estremi provocano allagamenti e incrementano l'erosione costiera, anche a causa del forte moto ondoso che spesso li accompagna.

Con l'aumentare del livello medio crescono i rischi di inondazione ed erosione costiera, lo scarico fluviale in mare è ostacolato, si innalza la tavola d'acqua e l'acqua marina, salata, penetra più facilmente nel sottosuolo costiero.

In novembre 2022 si sono verificati due episodi di "acqua alta", specificamente nei giorni 4 e 22-23. Particolarmente significativo l'evento del 22, in cui il livello ha superato a Trieste il piano del molo di circa 30 cm.

Fabio Raicich - CNR-ISMAR

Fonte: Social Media Comunity FVG

SCENARI FUTURI DI INNALZAMENTO DEL LIVELLO DEL MARE

Il livello del mare continuerà ad aumentare per lungo tempo, ma in diversa misura a seconda di quando e quanto ridurremo le emissioni di gas climalteranti. Per il Golfo di Trieste, in attesa di proiezioni più dettagliate a scala locale, fonti internazionali stimano un aumento medio intorno ai 20 cm a metà secolo e intorno ai 40 o 70 cm a fine secolo, a seconda degli scenari emissivi.

Secondo le più aggiornate proiezioni climatiche globali (IPCC, 2021) il livello del mare continuerà ad aumentare, in modo irreversibile e progressivo su scale plurisecolari, ma in diversa misura a seconda degli scenari relativi alle emissioni di gas climalteranti: solo una forte e immediata riduzione delle emissioni consentirà di contenere il riscaldamento globale e il conseguente innalzamento del mare entro livelli con cui riusciremo a convivere adattandoci.

IL FUTURO LIVELLO DEL MARE NELL'ALTO ADRIATICO

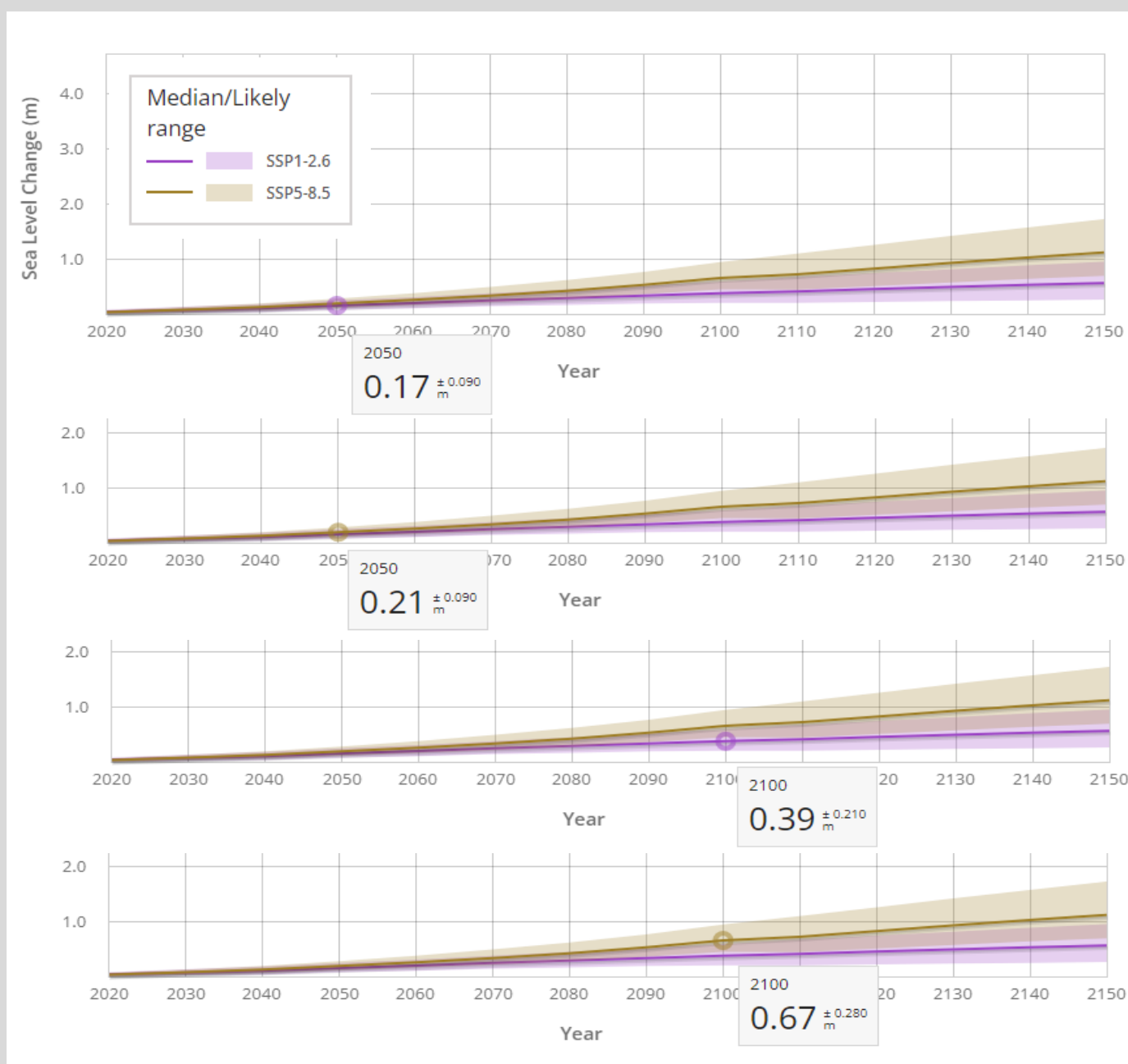
Il rapporto tra l'aumento del livello del mare globale e quello nel Mediterraneo è complesso e oggetto di diversi studi. Sono anche in corso vari progetti e ricerche per elaborare proiezioni più dettagliate a scala locale, per stimare, ad esempio, quale sarà l'innalzamento del livello relativo del mare nell'Alto Adriatico nei prossimi decenni, tenendo conto di diversi fattori come le dinamiche meteo-marine dei vari bacini e il tasso di subsidenza dei diversi tratti di costa.

In attesa di questi risultati, possiamo comunque ricavare delle indicazioni utili dalle proiezioni che i più autorevoli organismi internazionali hanno elaborato, declinandole per quanto possibile anche a scala locale.

La NASA, insieme all'IPCC, ha realizzato uno strumento interattivo disponibile online (IPCC AR6 Sea Level Projection Tool), da cui possiamo estrarre le proiezioni di innalzamento del livello del mare per il Golfo di Trieste rispetto al livello medio del periodo 1995-2014. Selezionando i due scenari utilizzati anche in altri articoli di *Segnali dal Clima in FVG* – lo scenario RCP2.6, che ipotizza una decisa e rapida riduzione delle emissioni, e lo scenario RCP8.5, a emissioni crescenti – otteniamo i relativi grafici, in cui vediamo che:

- per ciascuno scenario, è rappresentato il valore medio delle proiezioni elaborate da diversi modelli climatici (linea colorata ben definita) e la relativa incertezza, cioè la "forchetta" tra i risultati delle diverse proiezioni (fascia di colore sfumato);

- in tutti gli scenari il livello medio del mare continuerà a salire;
- fino a metà secolo, l'innalzamento sarà abbasta simile in entrambi gli scenari - semplificando e approssimando, possiamo dire che sarà intorno ai 20 cm - e l'incertezza delle proiezioni è limitata;
- nei decenni successivi, le proiezioni per i due scenari divergono sempre più e progressivamente si allarga anche la "forchetta" dell'incertezza intorno al valore medio delle proiezioni;
- semplificando e approssimando, a fine secolo ci si attende un aumento medio del livello del mare intorno ai 40 cm (+/- 20 cm) nello scenario "Accordo di Parigi" e intorno ai 70 cm (+/- 30 cm) nello scenario "business as usual" a emissioni crescenti.

Proiezioni di innalzamento del livello medio del mare per Trieste

Proiezioni di innalzamento del livello medio del mare, rispetto al livello medio del periodo 1995-2014, in due scenari (RCP2.6 e RCP8.5) elaborate da NASA e IPCC per il Golfo di Trieste. Fonte: Projected Sea-Level Rise Under Different SSP Scenarios - TRIESTE https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool?psmsl_id=154
Creative Commons Attribution 4.0 International License (https://creativecommons.org/licenses/)

L'aumento del livello del mare avrà una serie di conseguenze, che si manifesteranno sia in modo graduale che in occasione di eventi estremi. Ad esempio, partendo da un livello del mare più elevato, sarà più facile che si verifichino eventi di "acqua alta" con i relativi allagamenti costieri e sarà ancora più difficoltoso lo smaltimento delle acque in eccesso in occasione di precipitazioni intense.

Queste prime elaborazioni ci aiutano quindi a capire come sarà necessario pianificare e attuare interventi di adattamento specifici per le nostre coste e le aree retrostanti. Interventi che potranno essere efficaci e sostenibili, anche dal punto di vista economico, solo se riusciremo a contenere entro certi limiti il riscaldamento globale e il conseguente innalzamento dei mari.

Federica Flapp
ARPA FVG

Ad alcuni effetti dell'innalzamento del livello del mare sono dedicati gli articoli:

→ SCENARI DI INONDAZIONE COSTIERA: LA REALTÀ DI GRADO

→ LA MARINIZZAZIONE DELLA LAGUNA DI MARANO E GRADO

→ L'ACQUA SALE, LE PIANTE SOFFRONO: LE BARENE LAGUNARI E IL CAMBIAMENTO CLIMATICO

L'antico idrometro lungo il canale di Ponterosso a Triete

Foto: Furio Pieri

Foto: Fabio Raicich

TEMPERATURA MEDIA DEL MARE, FRA LE PIÙ ALTE DEGLI ULTIMI VENTI ANNI

La temperatura media del 2022 è stata la terza più alta della serie storica. Si sono registrati alti valori nella prima parte dell'estate e soprattutto dell'autunno, pressoché privo di irruzioni di aria fredda.

La temperatura del mare rappresenta uno degli indicatori dell'evoluzione del clima. Da oltre 120 anni nel porto di Trieste sono disponibili osservazioni della temperatura del mare a 2 m di profondità. Il suo andamento è rappresentativo della zona costiera del Friuli Venezia Giulia e, in generale, della parte meno profonda del nord Adriatico.

CONFORMAZIONE DEL BACINO

La scarsa profondità del bacino e il fatto che è in gran parte circondato dal continente fa sì che le variazioni di temperatura siano fortemente influenzate dagli scambi di calore con l'atmosfera, specialmente su scale temporali fino a qualche settimana. D'altra parte, su scale stagionali e più lunghe la temperatura risente anche dal ricambio della massa d'acqua per effetto della circolazione dell'Adriatico, che ne modula l'andamento sul medio-lungo periodo.

I DATI

La temperatura media annua del 2022 è stata di 17.4 °C, quasi un grado più alta della media del ventennio 2001-2020 e la terza più alta della serie, dopo i 17.6 °C del 2014 e i 17.5 °C del 2018.

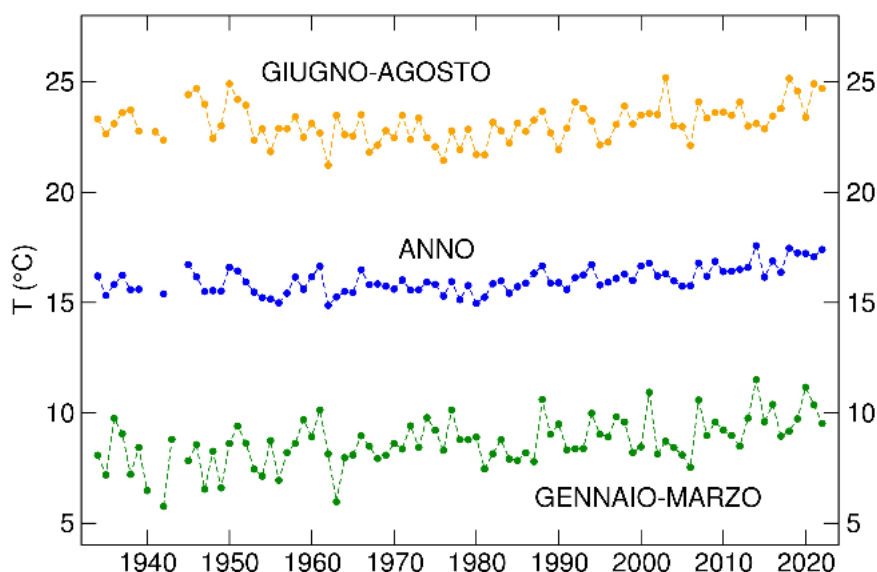
LE CAUSE

L'elevato valore è stato determinato soprattutto dalla temperatura della prima parte dell'estate (giugno e luglio) e da quella autunnale, la più alta da quando esistono osservazioni.

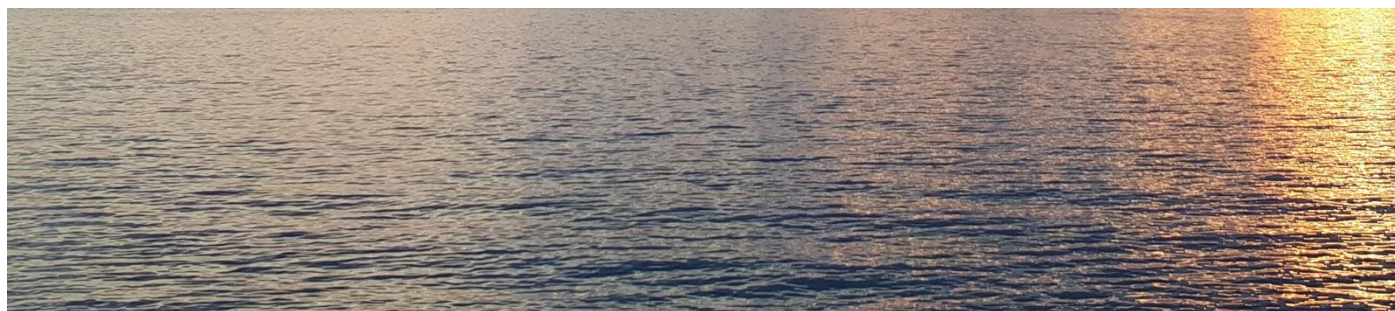
L'alta temperatura dell'autunno è conseguenza della pressoché totale assenza di irruzioni di aria fredda e di Bora. La temperatura invernale, invece, è stata in linea con la media ventennale.

La figura mette in evidenza la tendenza all'aumento della temperatura del mare, specie nell'ultimo decennio, in corrispondenza con il riscaldamento atmosferico in corso.

Fabio Raicich - CNR-ISMAR

Temperature medie annuali del mare

Temperature (T) medie annuali, estive e invernali dal 1934 al 2022, osservate a 2 m di profondità. (Dati: CNR-ISMAR, Trieste; ARPA FVG-OSMER e GRN.)

ONDATE DI CALORE MARINE: LA SITUAZIONE GENERALE E IL CASO DEL 2022

Le ondate di calore si verificano anche nel mare, con serie conseguenze sugli organismi marini. Negli ultimi anni nel Mediterraneo sono divenute sempre più frequenti, lunghe, intense, interessando aree sempre più ampie e più profonde. Nel 2022 questo fenomeno è stato particolarmente grave nel Mediterraneo occidentale, ma anche nell'alto Adriatico è stato molto rilevante.

Le ondate di calore sono un fenomeno ormai molto noto, visto che da parecchi anni tutte le estati i bollettini sanitari lanciano allarmi legati al verificarsi di periodi anormalmente lunghi di temperature anormalmente alte e alle conseguenti potenziali situazioni di pericolo per la salute umana, con particolare riferimento alle persone più fragili.

Lo stesso fenomeno si presenta anche sott'acqua. Infatti, anche se il mare ha una inerzia termica elevata e si riscalda più lentamente dell'aria, la presenza di aria calda causa anche il riscaldamento del mare.

LE ONDATE DI CALORE MARINE

Il riscaldamento del mare parte dalla sua parte superficiale, che è quella a contatto dell'aria, e causa una stratificazione della colonna d'acqua, con la parte di superficiale più calda, e quindi meno densa, di quella inferiore, che resta più fredda.

In presenza di caldi prolungati, tuttavia, lo spessore dello strato superficiale riscaldato diventa sempre più ampio, fino a raggiungere in situazioni estreme anche le acque intermedie e profonde, esponendo a temperature più calde organismi marini adattati ed abituati ad acque più fredde.

In questi casi, gli organismi che possono muoversi, come i pesci, possono cercare acque più fresche spostandosi in altre zone o più in profondità, ma quelli a mobilità limitata restano esposti a situazioni sfavorevoli fino a quando il fenomeno perdura.

LA DEFINIZIONE DEGLI SCIENZIATI

Le ondate di calore sottomarino possono essere più o meno intense e protrarsi per periodi più o meno lunghi. Per analizzare questi fenomeni, gli scienziati hanno convenuto di definire come ondate di calore un evento in cui per un certo periodo (per esempio 5 giorni) la temperatura dell'acqua supera ininterrottamente di una data quantità (per esempio 5 gradi centigradi) la temperatura tipica di un certo periodo.

In pratica, analizzando la serie storica della temperatura in un certo posto si calcola la temperatura media per un certo periodo dell'anno, e se la temperatura misurata eccede quella tipica per un periodo prolungato, si classifica il periodo come ondata di calore. Lo scostamento dalla temperatura tipica definisce l'intensità del fenomeno, il protrarsi dell'evento anomalo definisce la sua lunghezza.

LA SITUAZIONE NEL MEDITERRANEO

Negli ultimi anni nel mar Mediterraneo le ondate di calore marino sono state sempre più frequenti, più intense, e più lunghe, ed hanno interessato aree sempre più ampie e più profonde. Alcuni eventi sono stati particolarmente studiati, perché particolarmente intensi e con conseguenze particolarmente rilevanti per la salute degli ecosistemi marini.

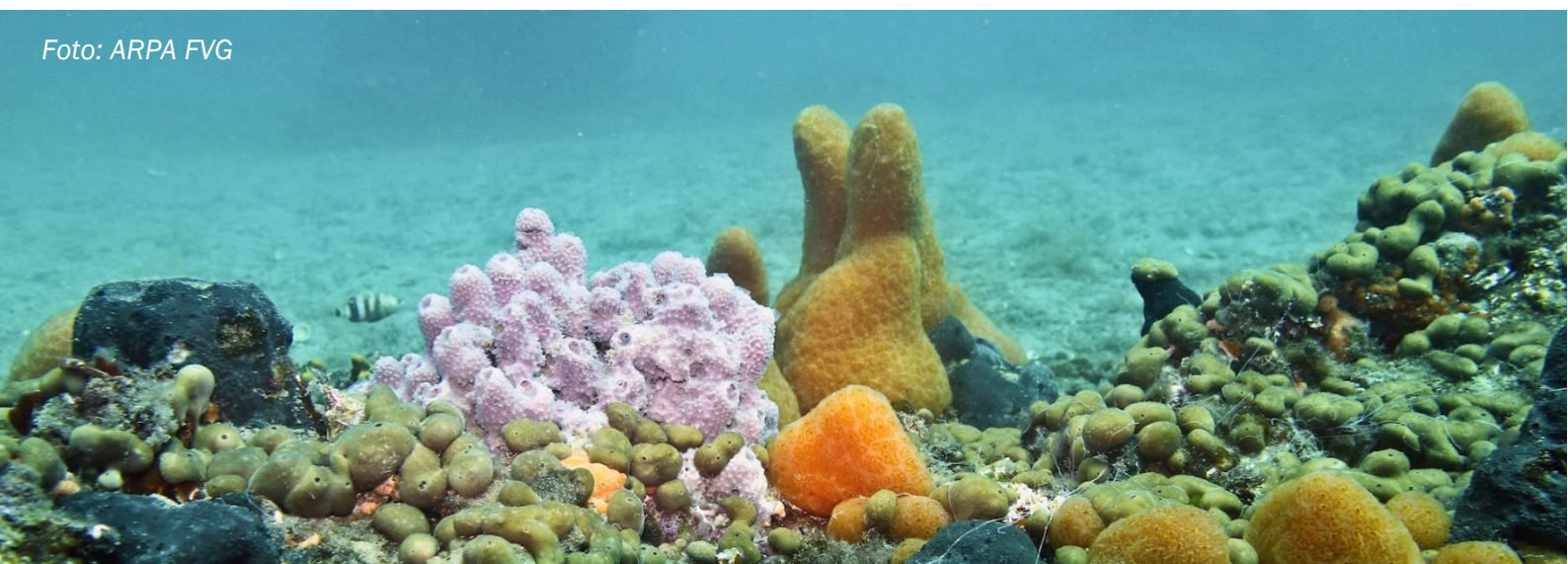
Fra gli eventi più estremi si ricordano quelli dell'estate del 2003, che causò estese morie di organismi nel Mediterraneo settentrionale, fra i quali macro-invertebrati bentonici, gorgonie e spugne. Le zone più colpite furono i golfi liguri, ma tutto il Tirreno, con Corsica, Sardegna e golfo di Napoli furono duramente colpiti. Fra il 2015 ed il 2019 nel mar Mediterraneo ci sono stati almeno 5 eventi di mortalità di massa, collegati alle ondate di calore e che hanno interessato almeno cinquanta specie.

Il 2022 è stato però un anno anche peggiore, soprattutto nel Mediterraneo occidentale, con temperature molto sopra la media stagionale già a partire da maggio, ed anomalie che si sono protratte ininterrottamente fino ad agosto, per più di 70 giorni. Oltre al confronto con i valori stagionali, è inoltre rilevante il confronto con i limiti di tolleranza specie-specifiche dei diversi organismi.

Le ondate di calore sono presenti anche nel Nord Adriatico. In questa zona l'acqua è relativamente poco profonda, quindi il calore può penetrare abbastanza velocemente lungo tutta la colonna d'acqua, fino al fondo, senza lasciare così via di fuga agli organismi marini. Di converso, la temperatura può anche diminuire abbastanza velocemente in caso di venti, piogge, portate fluviali, o raffreddamento dell'aria.

Nel 2022, la situazione per il Nord Adriatico è stata comunque molto severa, con anomalie maggiori di 5 °C per più di 50 giorni in larghe zone. Una valutazione completa dell'entità biologica dei danni è ancora in corso di svolgimento.

Cosimo Solidoro - OGS

Foto: ARPA FVG

L'ACIDIFICAZIONE MARINA: UN FENOMENO GLOBALE CHE INTERESSA ANCHE I NOSTRI MARI

Gli oceani assorbono enormi quantità di anidride carbonica, riducendo l'effetto serra, ma la conseguenza è l'acidificazione che si osserva in tutti i mari del mondo e anche nel nord Adriatico: un fenomeno che ha effetti importanti sugli organismi marini e di conseguenza anche sui servizi ecosistemici e sui settori socio-economici che da essi dipendono.

L'oceano è uno dei nostri più preziosi alleati nella lotta al cambiamento climatico, sia perché assorbe parte del calore presente in atmosfera, sia perché l'anidride carbonica presente nell'atmosfera a contatto con il mare si scioglie nell'acqua sottostante. L'oceano, quindi, ha il duplice effetto di ridurre la concentrazione di CO_2 nell'aria (ed il conseguente effetto serra) e di raffreddare l'aria. Questi effetti sono rilevantissimi: studi recenti stimano che l'oceano ha assorbito circa metà della CO_2 di origine antropica immessa in atmosfera negli ultimi duecento anni, e senza questo fatto la concentrazione di CO_2 in atmosfera sarebbe oggi oltre i 500 ppm, e la temperatura dell'aria che respiriamo ancora più calda. Purtroppo però questo effetto tampone, tanto benefico per l'umanità, ha prodotto un impatto non trascurabile sull'oceano stesso e la vita che esso occupa, causando il riscaldamento di mari e oceano e l'acidificazione marina.

L'ACIDIFICAZIONE MARINA

L'acidificazione marina è una conseguenza diretta dell'aumento di anidride carbonica in aria: quando la CO_2 si scioglie in acqua avvengono una serie di reazioni chimiche che portano alla formazione di acido carbonico ed un aumento dell'acidità, che si misura come diminuzione del pH.

Questo processo, ben compreso da un punto di vista fisico e chimico, è un fatto certo, assolutamente prevedibile e che stiamo già osservando in tutti i mari del mondo.

L'acidità media dell'oceano superficiale è già aumentata di circa il 30% (pari a 0.1 unità di pH) rispetto i livelli preindustriali e le proiezioni di tutti i modelli climatici sono concordi nel prevedere un ulteriore aumento di circa il 100% (0.3 unità di pH) se le emissioni continueranno con i tassi attuali.

GLI EFFETTI SUGLI ORGANISMI MARINI

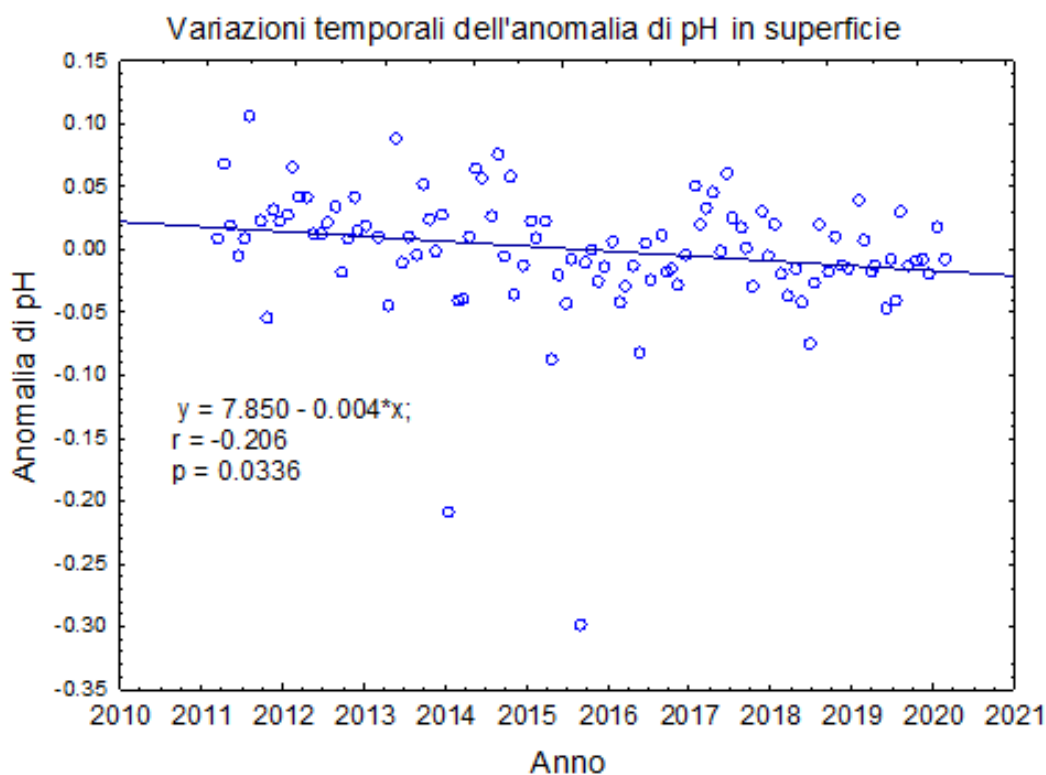
L'acidificazione marina avrà un impatto diretto su molti organismi marini. Gli organismi che hanno gusci o scheletri calcarei (per esempio ricci, bivalvi, sistemi a coralligeno) dovranno dedicare più energia alla costruzione e al mantenimento di quelle componenti e avranno quindi meno energia per le altre funzioni vitali. Alcune alghe saranno favorite dalle nuove condizioni ed altre sfavorite. Complessivamente si ritiene che gli ecosistemi marini saranno meno biodiversi, meno produttivi, meno resilienti.

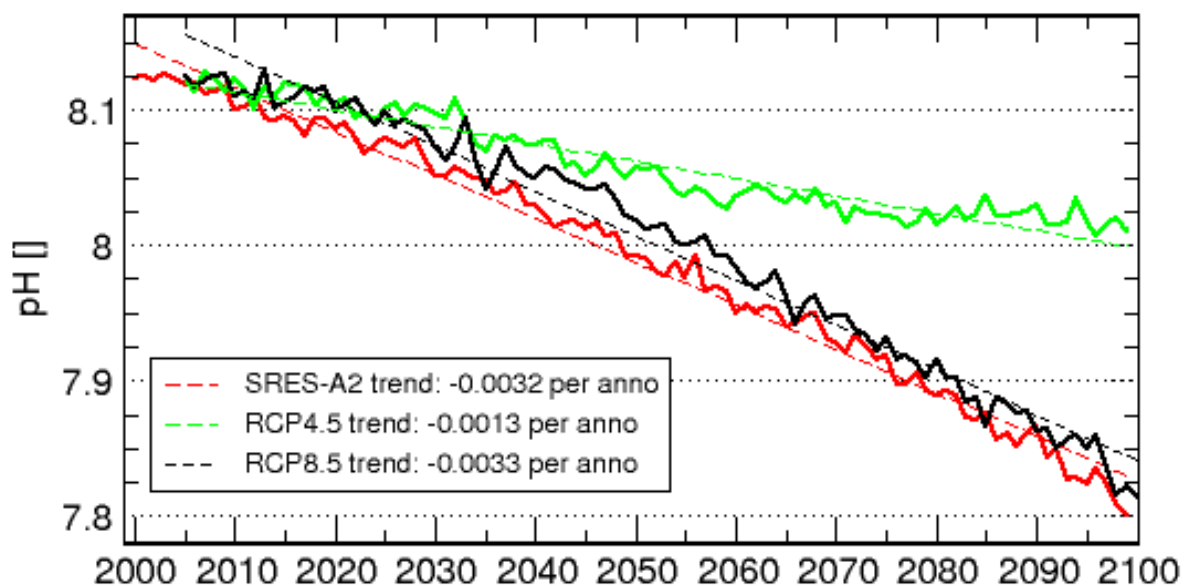
È evidente che le alterazioni agli ecosistemi marini prodotte dalla acidificazione oceanica avranno conseguenze rilevanti anche in termini di servizi ecosistemici e in termini socio-economici.

L'ACIDIFICAZIONE NEL NORD ADRIATICO

L'acidificazione marina è osservabile anche nei mari italiani ed in nord Adriatico, con intensità paragonabile a quella degli altri mari (circa 0.03 unità di pH/decade) ed anche nelle acque del Friuli Venezia Giulia, le simulazioni climatiche restituiscono proiezioni con ulteriori variazioni:

- di 0.25 unità a fine secolo, se le emissioni di CO_2 continueranno con la attuale intensità,
- di 0.08 unità con scenari di emissioni più conservativi.

Variazioni di acidità osservate nelle acque superficiali del Golfo di Trieste

Il grafico riporta l'evoluzione temporale della variazione di acidità superficiale misurata nelle acque superficiali nel golfo di Trieste. La variazione osservata in 10 anni e di circa 0.04 unità di pH, in linea con quanto osservato su scala globale.

Possibili evoluzioni future dell'acidità nelle acque superficiali nel Golfo di Trieste

Il grafico riporta le proiezioni ottenute con modelli numerici sulle possibili evoluzioni future dell'acidità nelle acque superficiali nel golfo di Trieste, nel caso in cui emissioni di gas serra permangano a livelli elevati (linee rossa e nera, relativa a proiezioni fatte con due diversi modelli ma riferiti a scenari simili) o moderate (linea verde). Si nota come in corrispondenza di uno scenario di emissioni moderato il cambiamento di acidità, pur esistente, si stabilizza intorno a metà secolo.

Cosimo Solidoro - OGS

Foto: Furio Pieri

SCENARI DI INONDAZIONE COSTIERA: LA REALTÀ DI GRADO

Le zone costiere sono vulnerabili agli eventi di acqua alta causati da una combinazione di alta marea e condizioni meteoclimatiche. Grazie al modello altimetrico delle coste del FVG, preciso e aggiornato, è possibile simulare mappe di allagamento potenziali, sia nelle condizioni attuali che considerando scenari futuri di innalzamento del mare, come fatto ad esempio per Grado.

Le zone costiere sono per loro natura vulnerabili all'ingressione marina determinata dalle condizioni meteoclimatiche (vento, bassa pressione, precipitazioni intense) che possono provocare mareggiate e, unite all'alta marea, le acque alte.

VULNERABILITÀ E PROTEZIONI DELL'AREA COSTIERA

In Friuli Venezia Giulia questa vulnerabilità è enfatizzata dal fatto che molte aree costiere hanno quote molto basse rispetto al livello del mare, se non addirittura al di sotto di esso. Queste ultime aree, in prevalenza agricole, sono il risultato dei lunghi e complessi lavori di bonifica idraulica realizzati nel passato e sono oggi mantenute solo grazie a un sistema di argini che le protegge verso mare, oltre a canali e idrovore che pompano l'acqua in mare al di là degli argini stessi.

IL RISCHIO DI ALLAGAMENTO

La conoscenza dell'altimetria del nostro territorio costiero è molto precisa e aggiornata grazie al rilievo condotto nel 2018 dalla Protezione Civile del Friuli Venezia Giulia con un sofisticato strumento di scansione laser (LIDAR). Il prodotto è un modello digitale, tridimensionale, aggiornato e di estremo dettaglio dei territori costieri.

Grazie alla disponibilità di questo modello altimetrico è possibile simulare mappe di allagamento potenziali per le realtà costiere più importanti della nostra regione, immaginando sia singoli eventi di mareggiata sia un futuro scenario di innalzamento di livello del mare, in conseguenza del riscaldamento globale.

LIDAR (acronimo dall'inglese Light Detection and Ranging): è una tecnologa basata sull'uso di un sensore che emette raggi laser. Montato su un aereo o su un drone consente di rilevare milioni di punti della superfice terrestre in breve tempo, determinandone l'altimetria con grande precisione

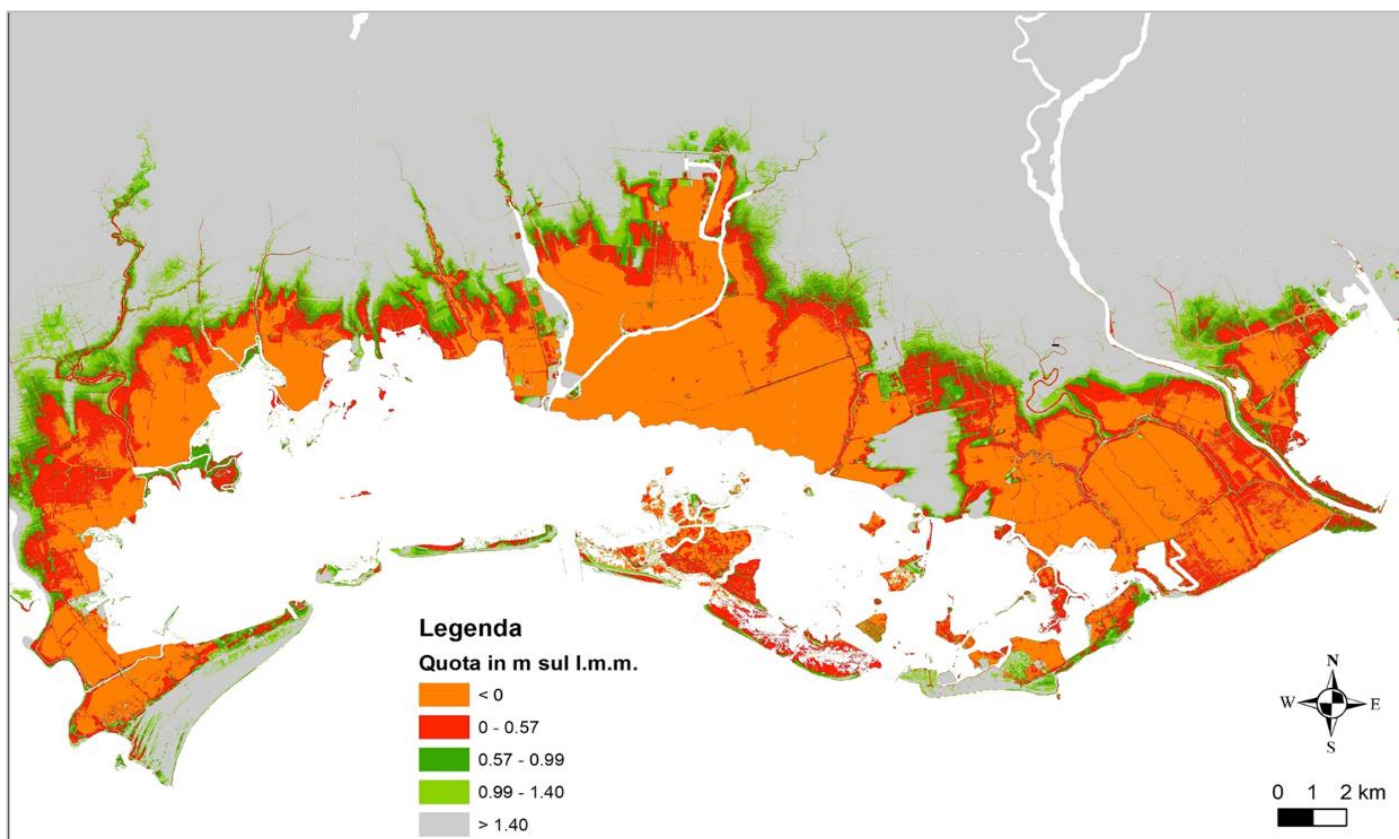
Altimetria delle zone costiere

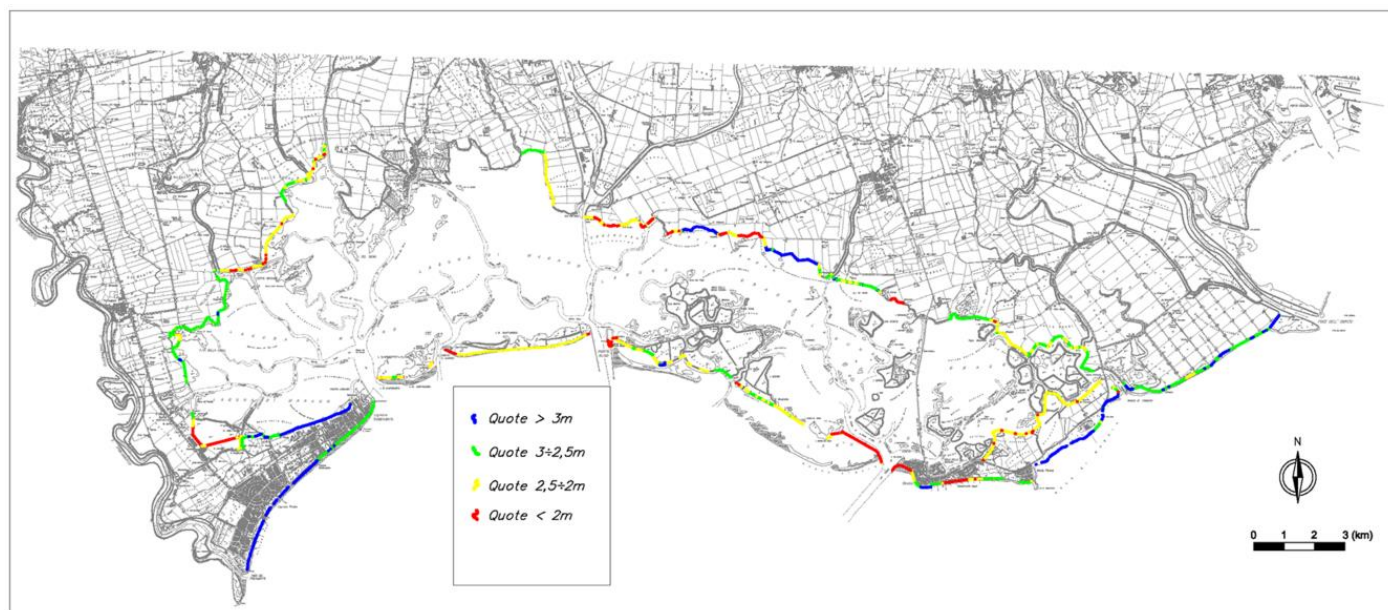
Legenda

Quota in m sul l.m.m.

- < 0
- 0 - 0.57
- 0.57 - 0.99
- 0.99 - 1.40
- > 1.40

N W E S

0 1 2 km

Mappa delle quote sul livello del mare delle aree costiere del Friuli Venezia Giulia tra Monfalcone e la foce del Tagliamento (elaborazione Università di Trieste)

Protezioni costiere

Mappa degli argini di difesa delle coste e dei margini lagunari del Friuli Venezia Giulia tra le foci dell'Isonzo e del Tagliamento. La mappa è ricavata dall'Indagine sullo stato degli argini della bassa pianura realizzate del 2005 dall'Università di Trieste- Dipartimento di Scienze Geologiche Ambientali e Marine

LE MAREGGIATE A GRADO

Se immaginiamo un sovralzo marino da mareggiata che provoca un aumento episodico del livello del mare pari a 128 cm - come statisticamente si prevede possa accadere ogni 30 anni - otteniamo una mappa di possibile allagamento per la cittadina di Grado che mostra come gran parte delle vie del centro risultino allagate.

Mappa di allagabilità attuale di Grado

Mappa di allagabilità di Grado a oggi, nell'ipotesi di un aumento episodico del livello del mare pari a 128 cm. La mappa è stata elaborata dal Coastal Group dell'Università di Trieste sulla base del rilievo LIDAR della protezione Civile FVG del 2018. La base della figura è la foto aerea del 2018 (da Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia (https://eaglefvg.regione.fvg.it)

L'INNALZAMENTO DEL LIVELLO DEL MARE

Considerando una proiezione futura di innalzamento del livello del mare all'anno 2100, pur utilizzando quella più "ottimistica" immaginata dall'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) cioè quella indicata con lo scenario RCP2.6, il livello medio delle acque sarà stabilmente ben più elevato di oggi.

Di conseguenza, nel 2100, lo stesso evento di mareggiata ipotizzato precedentemente si sommerà a un livello medio del mare più alto di 40 cm rispetto a quello attuale: gli effetti dell'inondazione risulterebbero molto più rilevanti, in quanto sommergerebbero gran parte della cittadina di Grado.

Mappa di allagabilità futura di Grado

Mappa di allagabilità di Grado al 2100, nell'ipotesi di un aumento episodico del livello del mare pari a 128 cm che si sommi a un aumento del livello medio del mare di 40 cm (scenario RCP2.6).
La mappa è stata elaborata dal Coastal Group dell'Università di Trieste sulla base del rilievo LIDAR della protezione Civile FVG del 2018. La base della figura è la foto aerea del 2018 (da Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia (https://eaglefvg.regione.fvg.it)

IL FUTURO

Queste simulazioni sono di fondamentale importanza per la definizione delle possibili future situazioni di criticità. Analisi più approfondite saranno eseguite grazie alla collaborazione avviata tra l'Università degli studi di Trieste e la Protezione Civile regionale del Friuli Venezia Giulia e riguarderanno sia lo stato degli argini sia una migliore definizione delle mappe di allagabilità, soprattutto nelle aree più vulnerabili. Ad esempio saranno individuati e analizzati nel dettaglio i punti critici, ossia i "varchi" attraverso i quali l'acqua proveniente dal mare o dalla laguna può trovare facile accesso, causando danni e disagi alla popolazione.

LE DIVERSE SOGLIE DEL LIVELLO DEL MARE

Il livello del mare in una determinata località varia continuamente a differenti scale di tempo.

Un elevato rialzo del livello del mare che si verifica a scala di ore può essere considerato un evento episodico ed essere il risultato di varie componenti. In primo luogo l'alta mare astronomica che interessa le coste del Friuli Venezia Giulia con periodicità semidiurna (ogni 12 ore).

Una differenza di pressione atmosferica lungo il bacino dell'Adriatico può provocare un sovralzo meteorologico ("surge") del livello del mare noto anche come "sessa" che, sommato all'alta marea astronomica, causa la cosiddetta "acqua alta".

Se a questo si accompagna l'azione del vento sul bacino si ha la formazione di onde che, quando giungono vicino alla costa, diventano più ripide e si rompono (frangenza) andando a formare uno "strato di acqua" in più, chiamato sovralzo d'onda (setup).

Sulla spiaggia infine l'onda può provocare un flusso d'acqua che ne risale la superficie inclinata (risalita dell'onda o runup).

Tutte queste componenti se sommate tra loro rappresentano dei "livelli" di cui bisogna tener conto nella pianificazione territoriale, nei piani di emergenza e nella progettazione delle opere di difesa costiera.

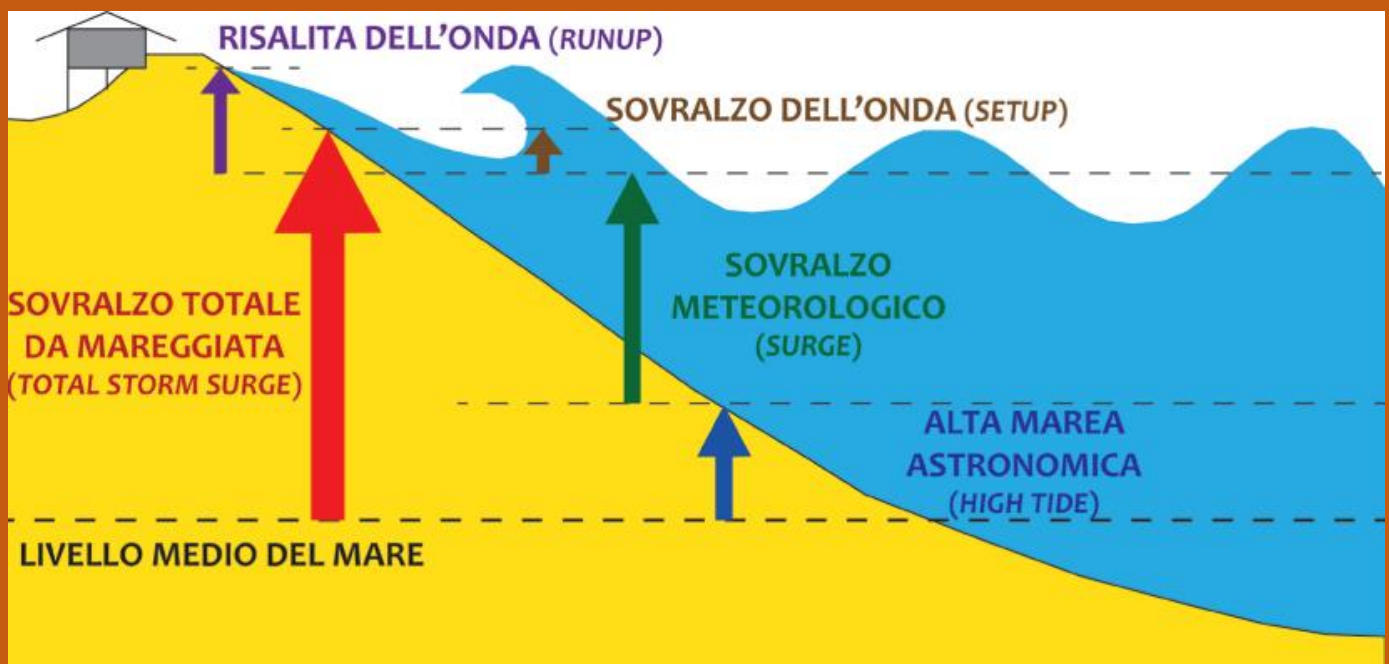
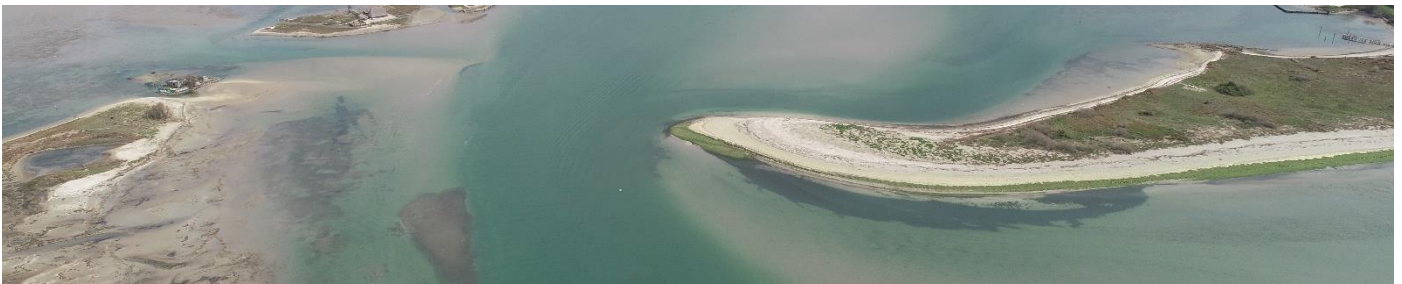



Figura tratta da Mareggiate e impatti sulla costa - aggiornamento dei dati al 2020, degli indicatori e analisi delle tendenze. *A cura del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, in collaborazione con Arpae-Servizio Idro-Meteo-Clima e Università di Ferrara, nell'ambito del progetto EU Micore (2008-2011) - Gennaio 2021*

Giorgio Fontolan, Sebastian Spadotto, Luisa Fontanot, Annelore Bezzi – Università di Trieste
Antonio Bratus – Regione Autonoma FVG

LA MARINIZZAZIONE DELLA LAGUNA DI MARANO E GRADO

Le forme tipiche della laguna di Marano e di Grado hanno subito importanti mutamenti dalla metà del secolo scorso, ben documentati. L'ambiente fisico continua a trasformarsi per la "marinizzazione" causata dall'innalzamento del livello del mare, accentuato da altri fattori locali. Assistiamo così a una progressiva semplificazione delle morfologie lagunari come canali, velme e barene, che si modificano, si riducono e spesso scompaiono.

Dal punto di vista geologico le lagune sono forme giovani, naturalmente destinate ad avere breve durata.

Oggi, la loro esistenza è minacciata in primo luogo dall'innalzamento del livello del mare associato al cambiamento climatico, ma anche dalle attività antropiche che ne modificano l'assetto naturale e la capacità di adattarsi al cambiamento. Gli apporti dei sedimenti che arrivano dal mare e dai fiumi e una corretta gestione delle attività umane possono in parte compensare il degrado.

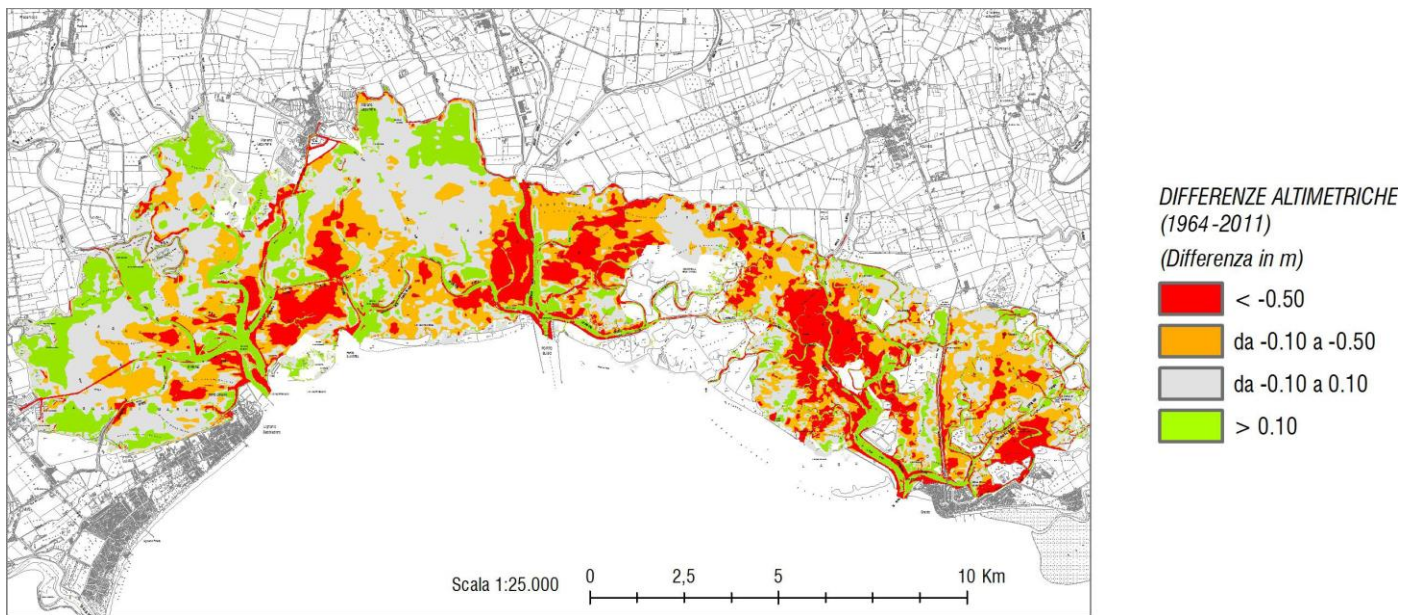
LA LAGUNA DI MARANO E GRADO

La laguna di Marano e Grado è una delle più importanti lagune del Mediterraneo, di vitale interesse per la conservazione della biodiversità. Qui l'innalzamento del livello del mare in atto a livello globale è enfatizzato dall'abbassamento del suolo per subsidenza e non è compensato abbastanza dagli apporti di sabbia e fango da parte dei principali fiumi, Isonzo e Tagliamento.

L'Università degli Studi di Trieste e quella di Udine in collaborazione con la Regione Friuli Venezia Giulia e ARPA FVG hanno realizzato una serie di studi, a partire dal 2010, per comprendere le dinamiche e le modifiche dell'ambiente fisico lagunare.

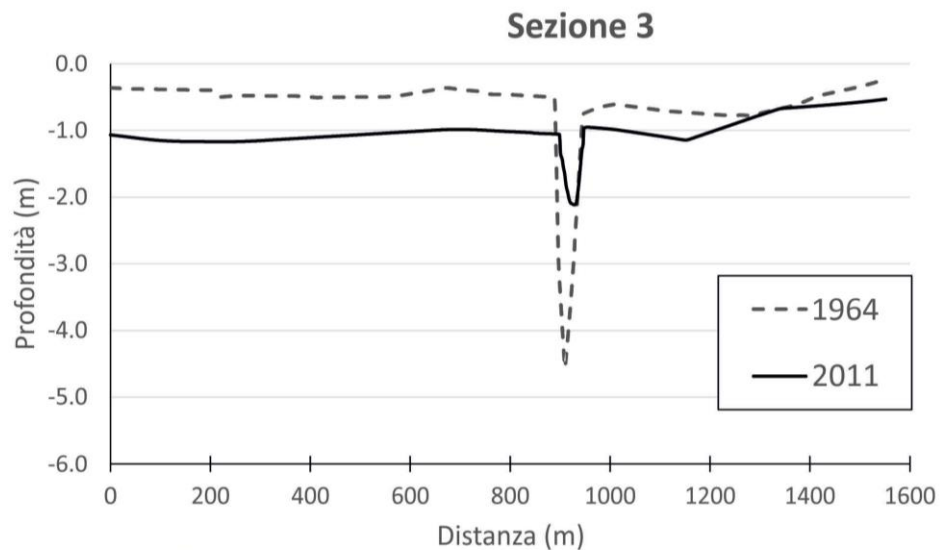
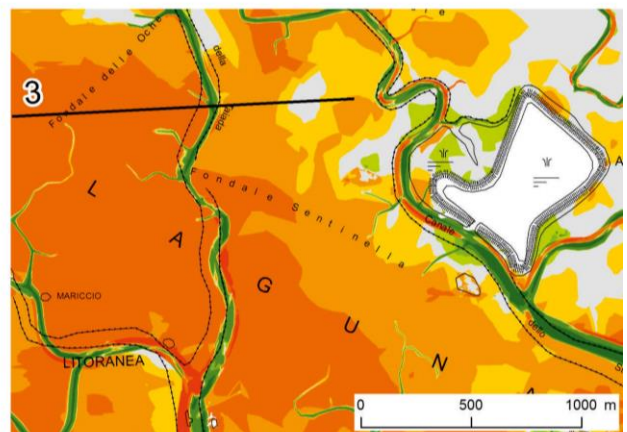
LA MARINIZZAZIONE DELLA LAGUNA

Dalla sovrapposizione dei modelli digitali ottenuti dalle due uniche carte batimetriche esistenti per la Laguna di Marano e Grado si è potuta ricavare una "carta delle differenze altimetriche" che ci mostra i cambiamenti avvenuti nel corso di circa 45 anni per l'intera laguna. Si possono qui individuare con immediatezza le zone che si sono approfondite (in giallo, arancione e rosso) e quelle che si sono interrate (scala di verdi).

Variazione delle altimetrie nella Laguna di Marano e di Grado in circa 45 anni

Carta delle differenze altimetriche ottenuta dal confronto tra le carte batimetriche del 1964 e del 2011. In giallo, arancione e rosso le zone che si sono approfondite. In verde le zone che si sono interrate. Elaborazione: Università di Trieste

Grazie a questa carta è possibile quantificare il processo di "marinizzazione" che sta coinvolgendo la laguna di Marano e Grado e che consiste in una graduale trasformazione morfologica.

Questo processo induce una semplificazione delle forme tipiche delle lagune ed è già stato osservato nella Laguna di Venezia, che, a causa dei noti fenomeni di subsidenza indotti dal prelievo delle acque dal sottosuolo, ha subito per prima il degrado a cui oggi assistiamo a livello più generale.

Particolare delle modificazioni avvenute in una zona della laguna di Grado, viste in pianta (stralcio dalla carta delle differenze) e lungo una sezione trasversale al canale della Taiada

LE SEMPLIFICAZIONE DELLE FORME LAGUNARI

La semplificazione morfologica avviene sotto i nostri occhi con diverse manifestazioni: l'erosione e riduzione di estensione delle barene e l'approfondimento dei fondali lagunari a bassa profondità cioè le piane di marea, meglio note come "velme".

A ciò si accompagna la scomparsa dei canali secondari e l'interrimento di quelli principali. Infatti, man mano che il mare si alza la funzione dei canali viene meno nell'agire come veicolo di trasporto delle masse d'acqua durante le fasi montanti e calanti della marea. Come se la laguna fosse una baia marina, la massa d'acqua entra ed esce in modo più generalizzato e non limitato ai canali, poiché si attenuano i contrasti morfologici tra le zone a bassa profondità e i canali stessi. In questo modo la velocità di corrente dei canali si riduce, favorendo la sedimentazione e portando di fatto a un loro progressivo riempimento. I sedimenti che li riempiono sono prodotti dal rimaneggiamento dei bassi fondali, sempre a causa dell'incremento del livello del mare: man mano che aumenta il battente d'acqua, le onde originate dal vento e dal traffico marittimo hanno infatti una maggiore capacità erosiva, provocando un generale approfondimento dei fondali nelle piane di marea e un attacco dei bordi delle barene.

I dati disponibili, che sono tuttora in fase di aggiornamento, evidenziano come le barene, al 2006, avessero perso il 16% della loro estensione misurata nel 1954. Questa perdita ammonta a 144 ettari. Ben peggiore è stata la perdita osservata per le velme, cioè quelle aree della laguna maggiormente soggette agli effetti erosivi dovuti all'azione combinata delle correnti di marea e del moto ondoso: dal confronto 1964 – 2011 infatti risulta una perdita di 2672 ettari, pari al 45.9% dell'estensione complessiva originaria. Questa perdita si è tradotta in un contestuale incremento dei fondali più profondi, cioè di fatto quelli che oggi non sono influenzati dall'oscillazione di marea.

Barena con fioritura di Limonium sp (noti come "fiori de tapo") sommersa dall'alta marea

Margine di una barena eroso dal moto ondoso

IL FUTURO

Le modifiche che la laguna subisce richiedono di essere continuamente monitorate con il contributo di diverse discipline tra cui la geomorfologia, la sedimentologia, la modellistica idrodinamica. Grazie a queste basi conoscitive si potranno affrontare i cambiamenti futuri nel modo migliore possibile e sviluppare adeguate politiche di gestione e adattamento, mirate alla tutela sia del patrimonio naturale che degli usi antropici tradizionali della laguna.

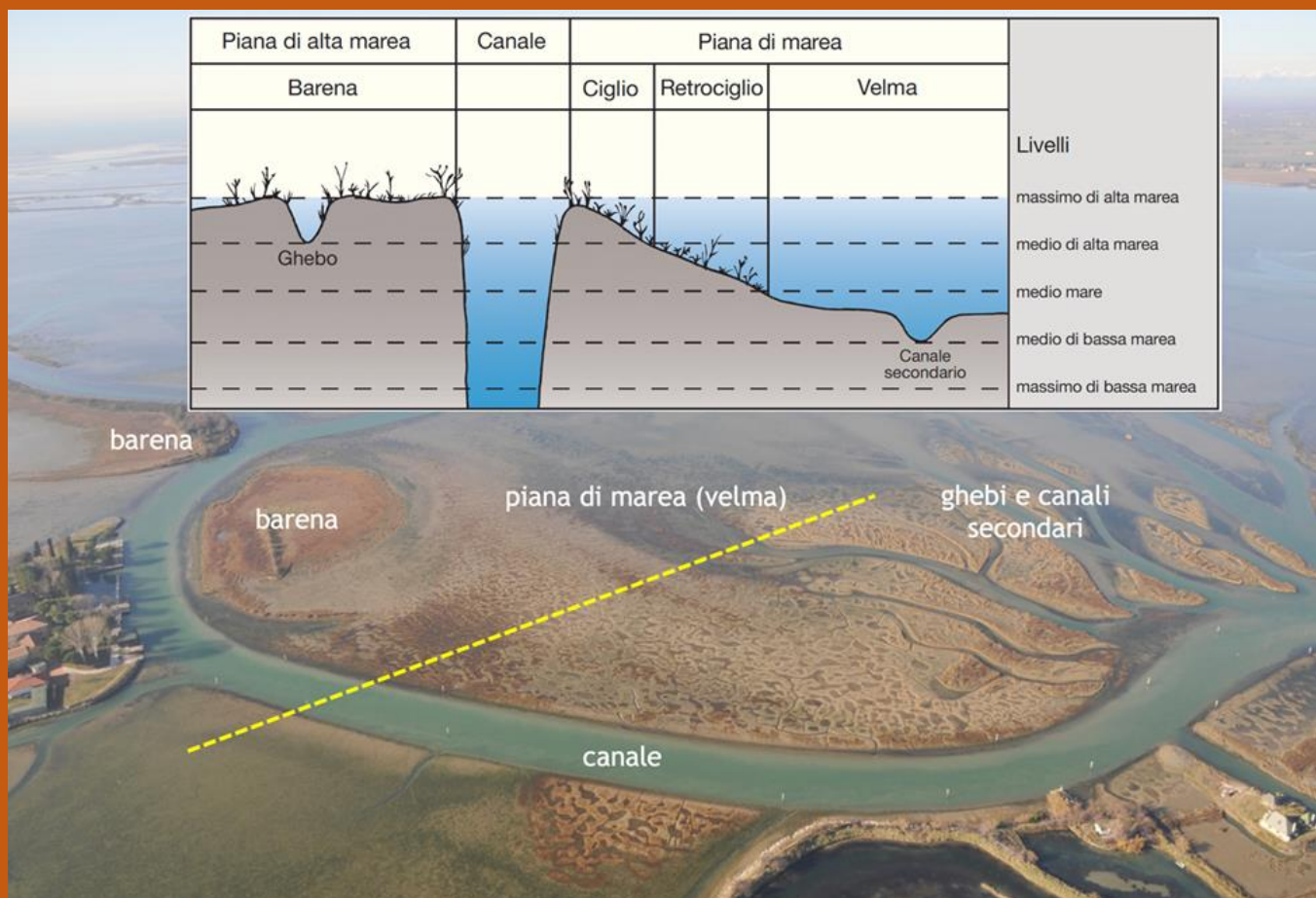
LA MAREA E LE ZONE DELLA LAGUNA

Il motore principale della morfodinamica interna alla laguna è la marea e la definizione stessa di laguna dipende dall'esistenza di questa forzante. Infatti, secondo il modello "classico" di laguna le diverse parti che la compongono si classificano proprio in base all'elevazione rispetto ai differenti livelli che la marea assume nella sua oscillazione periodica.

Al di sopra del livello delle alte maree di sizigia (quelle più ampie che avvengono due volte al mese) vi sono le **isole interne** e le **isole barriera** che delimitano la laguna verso mare, alcune parti di esse vengono allagate solo nel caso di eventi eccezionali di acqua alta o mareggiata.

Tra le alte maree di sizigia e il livello medio del mare si collocano **le barene** che, ricoperte da una vegetazione peculiare, devono la loro esistenza proprio alla periodica sommersione da parte delle alte maree, soprattutto quelle di sizigia. Le barene sono solcate dalle ultime terminazioni dei canali, i cosiddetti **ghebi**, che si diramano dai canali secondari, permettendo l'espansione delle masse d'acqua durante le alte maree.

Al di sotto del livello medio del mare ed entro il livello medio delle basse maree si identificano le **piane tidali (o velme)** e i **canali secondari.** Le velme emergono durante le basse maree più importanti.

Nella porzione sempre sommersa si identificano i **fondali lagunari sub-tidali**, le **bocche tidali** e i **canali lagunari principali.**

Schema delle più importanti morfologie lagunari e loro relazioni con i livelli di marea (ridisegnata da Albani et al., 1983 Apparati intertidali della laguna di Venezia. In Laguna, fiumi, lidi: cinque secoli di gestione delle acque nelle Venezie. Venezia, 10-12 giugno 1983). Foto della laguna di Grado dall'elicottero (Antonella Triches).

Giorgio Fontolan, Annelore Bezzi, Simone Pillon, Davide Martinucci, Stefano Sponza, Chiara Popesso, Giulia Casagrande - **Università di Trieste**

LA CRIOSFERA DELLE ALPI GIULIE, EVOLUZIONE PASSATA E RECENTE

Le Alpi Giulie, situate nell'area più orientale della catena alpina, dalla fine della piccola età glaciale (peg) ai giorni nostri, hanno subito profonde modificazioni nel paesaggio. Le semplici immagini testimoniano l'imponente riduzione delle masse di ghiaccio avvenuta nel corso di pochi decenni.

Le evidenze geomorfologiche hanno permesso di ricostruire le aree ed i volumi dei ghiacciai al loro picco di estensione olocenica, e di calcolare quindi poi nel dettaglio di quanto essi si siano ridotti in un arco temporale complessivo di circa 150 anni.

Va però sottolineato come una gran parte di questa riduzione si sia estrinsecata in una rapida fase parossistica iniziata dalla metà degli anni '80 del '900. In questa recente fase climatica di repentino cambiamento, indotta dal riscaldamento globale di origina antropica, si è avuta la scomparsa di circa il 60-70% di tutto quello che era rimasto dall'ultima espansione olocenica della PEG (piccola era glaciale). Complessivamente, oggi rimangono circa solo il 17% dell'estensione areale ed il 4% del volume dei corpi glaciali delle Alpi Giulie.

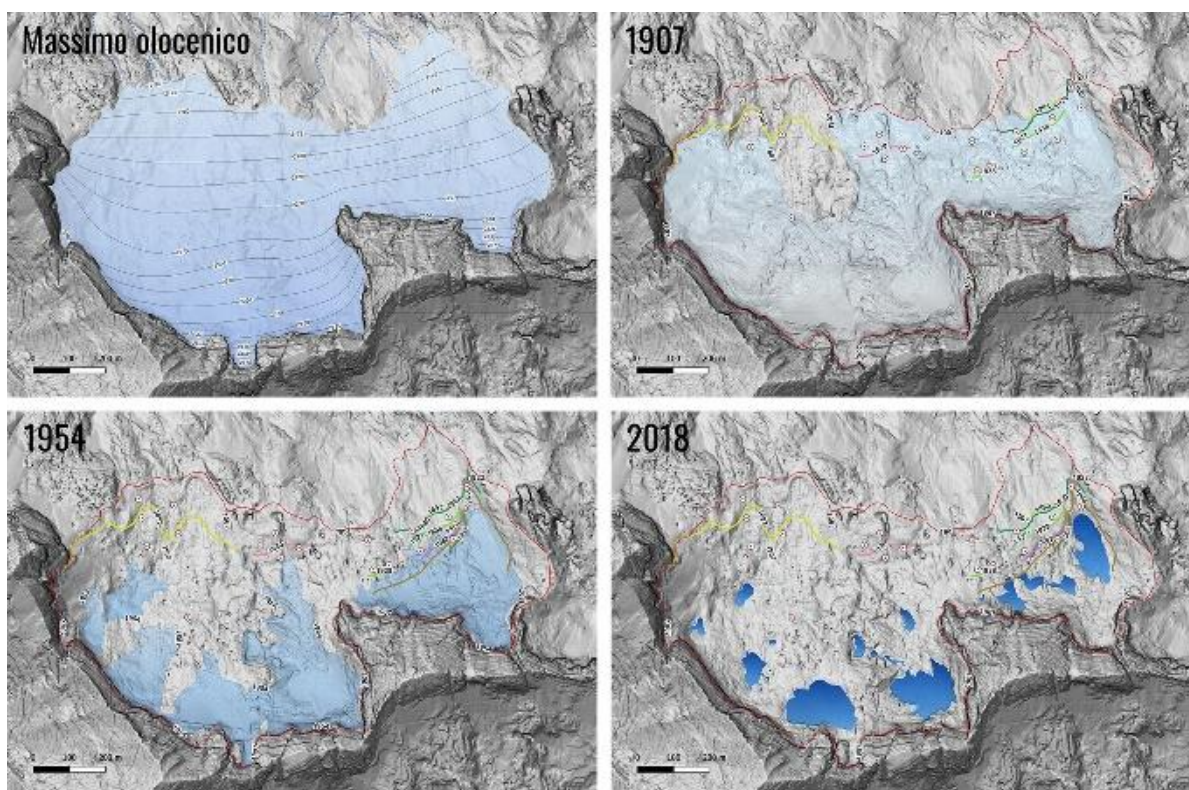
Le più recenti ricostruzioni della curva delle variazioni di temperatura verificatesi nel corso dell'Olocene, ossia negli ultimi 11700 anni della storia paleoclimatica della Terra, ci forniscono informazioni molto utili ad interpretare le recenti e rapide variazioni del clima.

Dall'optimum climatico olocenico, lungo periodo mite tra circa 9000 e 5000 anni fa, quando i ghiacciai alpini sono molto ridotti in superficie e verosimilmente relegati solo a quote superiori ai 3500-4000 metri, si passa al periodo neoglaciale, nel corso del quale la Terra inizia un lento e graduale raffreddamento naturale verso la prossima era glaciale.

In questa "discesa", la PEG si colloca generalmente all'apice di questo raffreddamento di lungo periodo con i ghiacciai alpini mai così estesi come nel corso di tutto l'Olocene. Localmente, però, alcune brevi fasi fredde oloceniche lasciano testimonianza di avanzate glaciali confrontabili a quelle della PEG, se non addirittura leggermente più estese. Questi aspetti rappresentano ancora terreno di studio, e per quanto riguarda le montagne del Friuli Venezia Giulia, non sono ancora interamente chiariti.

I ghiacciai del Canin in estate nel 1893 e nel 2020

In queste immagini, scattate dal medesimo punto di osservazione il 31 luglio 1893 da Arturo Ferrucci e il 22 agosto 2020 da Renato R. Colucci, si apprezza l'imponente riduzione dei ghiacciai del Canin quantificabile in una perdita di volume del ghiaccio del 96% rispetto alla massa glaciale presente durante la Piccola Età Glaciale.

Fasi evolutive del ghiacciaio del Canin

Fasi evolutive del ghiacciaio del Canin: (a) massimo olocenico ricostruito grazie alle indagini geomorfologiche (Colucci & Zebre, 2016); (b) areale 1907 grazie al rilievo topografico eseguito da Olinto Marinelli; (c) areale 1954 generato grazie alle foto aeree; (d) estensione 2018 grazie ad un rilievo LiDAR commissionato da Società Meteorologica Alpino-Adriatica.

I RILIEVI DEGLI ULTIMI ANNI

Negli ultimi 10 anni, sono state implementate misure sistematiche almeno annuali dei bilanci di massa di alcuni dei corpi glaciali residui del Friuli Venezia Giulia. Attualmente questi rilievi sono condotti dalla Società Meteorologica Alpino-Adriatica e dall'Istituto di Scienze Polari del CNR, in collaborazione con il Parco Naturale delle Prealpi Giulie, per quanto riguarda il corpo glaciale orientale del Canin e quello della Prevala. È invece l'Università degli Studi di Udine che si occupa del monitoraggio annuale del ghiacciaio occidentale di Montasio. La Protezione Civile del FVG fornisce un importante supporto logistico per l'esecuzione dei rilievi sul campo.

La peculiarità degli apparati glaciali del Friuli Venezia Giulia, in parziale controtendenza rispetto a quello che avviene per la quasi totalità del resto delle Alpi, è quella di essere piuttosto resilienti al riscaldamento in atto. Recentemente, alcuni lavori scientifici hanno dimostrato come la riduzione volumetrica ed areale degli ultimi 15 anni sia trascurabile. In alcuni casi, addirittura, sono stati osservati dei piccoli incrementi di massa glaciale. Tale anomalia è ascrivibile a fattori topografici e climatici. I corpi glaciali attuali, dopo la forte riduzione avvenuta in particolare tra la metà degli anni '80 e l'inizio degli anni 2000, si trovano ora spesso addossati alle ripide pareti rocciose settentrionali, in posizioni che favoriscono l'ombreggiamento estivo e moltiplicano l'accumulo nevoso sia di natura eolica sia valanghivo.

Inoltre, il mutamento del ciclo idrologico e la sostanziale modifica dei pattern sinottici, ha portato alcune annate invernali eccezionalmente nevose che hanno avuto il pregio di caricare di neve in maniera straordinaria le aree di accumulo dei corpi glaciali. Questi fattori assieme, sono attualmente in grado di controbilanciare l'osservato aumento delle temperature medie estive che ha portato un allungamento del periodo di ablazione dai 170 giorni della fine degli anni '70 ai 190 giorni del 2020, e incrementato la fusione potenziale da 4200 mm w.e. a 5300 mm w.e.

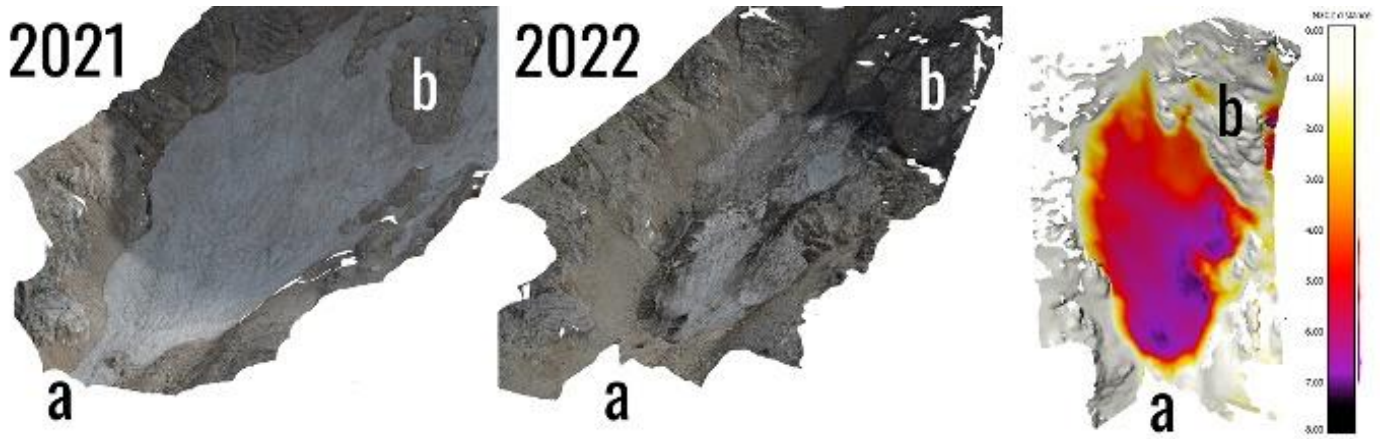
L'ANNO IDROLOGICO 2021-2022

L'estate 2022, per vaste porzioni d'Europa, è stata eccezionalmente calda e paragonabile, dal punto di vista termico, all'estate del 2003. L'importante anomalia di temperatura ha interessato anche l'intero arco alpino.

L'estate 2022 è seguita ad un inverno estremamente avaro di precipitazioni nevose per gran parte delle Alpi, ed ha portato a bilanci di massa straordinariamente negativi, e mai osservati nella storia delle osservazioni glaciologiche delle Alpi, che sono peraltro quelle attive da più tempo a livello globale. Non stupisca l'uso apparentemente esagerato dei superlativi, motivato dal dover descrivere un qualcosa di mai osservato in precedenza dalla comunità scientifica e dagli enti preposti ai monitoraggi.

Per quanto riguarda i rilievi effettuati sul corpo glaciale orientale del Canin, i dati preliminari derivati dalle analisi geodetiche e fotogrammetriche eseguite nel mese di ottobre 2021 e 2022, ancora in fase di elaborazione, mostrano un quadro meno estremo se riferito ai grandi ghiacciai alpini, ma comunque pesantemente negativo.

Nell'immagine allegata si notano riduzioni topografiche mediamente di 5-7 metri rispetto al rilievo effettuato nel medesimo periodo dell'anno precedente.

Da rilevare in ogni caso come l'apparato glaciale in questione abbia comunque beneficiato di apporti nevosi complessivamente prossimi alle medie di lungo periodo, contrariamente al resto delle Alpi. La superficie topografica del 2022 risulta di alcuni metri superiore rispetto al dato del 2006, per ora il peggiore degli anni 2000.

Modelli digitali del terreno eseguiti con tecniche fotogrammetriche del corpo glaciale orientale del Canin e relativo differenziale con l'entità delle variazioni topografiche osservate.

EVOLUZIONE DEL GHIACCIO SOTTERRANEO DEL CANIN

Anche i depositi di ghiaccio in grotta, parte della criosfera sotterranea, stanno subendo delle significative perdite in volume a livello globale. I tassi di fusione, in aumento negli ultimi anni, minacciano la preservazione di queste spesso sottovalutate fonti di informazioni paleoclimatiche.

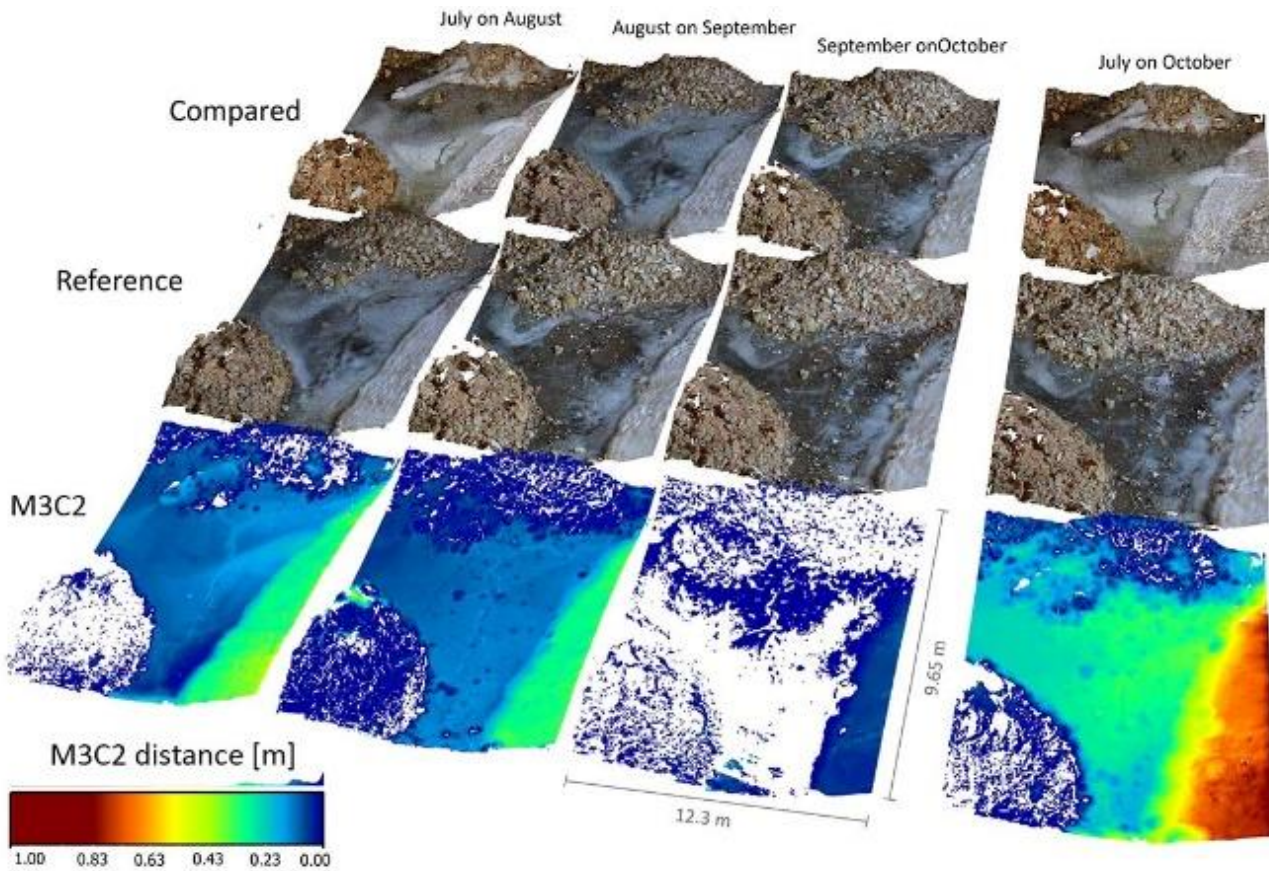
Sebbene l'intera comunità scientifica sia concorde su questo aspetto, manca una stima precisa di come questi depositi stiano effettivamente reagendo agli attuali cambiamenti climatici, soprattutto in termini di variazioni di volume.

Si inserisce in questo contesto il lavoro *"Long-term mass-balance monitoring and evolution of ice in caves through structure from motion–multi-view stereo and ground-penetrating radar techniques"* da poco pubblicato sulla rivista scientifica internazionale Progress in Physical Geopgraphy ed interamente eseguito nel comprensorio del Canin.

Il lavoro si pone come obiettivo la ridefinizione della metodologia alla base dello studio dell'evoluzione dei depositi di ghiaccio permanente in grotta, con un approccio multidisciplinare. Sono infatti utilizzate la Structure from Motion (SfM), per la ricostruzione 3D e il calcolo dei bilanci di massa, e il Ground Penetrating Radar (GPR), per la misura dei volumi e degli spessori del ghiaccio.

Fino ad ora le variazioni di spessore della criosfera sotterranea si misuravano in maniera puntuale, tramite questa metodologia si passa invece ad un calcolo in 3D basato su nuvole di punti. La SfM permette di raggiungere una risoluzione sub-centimetrica utilizzando una strumentazione leggera, portatile ed economica, perfetta per rilievi in ambienti difficili come quelli delle cavità alpine.

Confronto fotografico 2014-2021 in un deposito di ghiaccio sotterraneo del Canin.

14 acquisizioni eseguite fra il 2017 e il 2020 in due cavità del Massiccio del Monte Canin (Alpi Giulie), combinate con dei rilievi GPR precedenti (2012), hanno permesso il calcolo preciso delle variazioni di volume osservate all'interno delle cavità e la stima dei volumi totali.

Esempio di confronto stagionale (luglio-ottobre) fra le scene acquisite. Il soffitto e le pareti della cavità vengono presi come riferimento e non sono presenti in questa immagine. Oltre alle variazioni di volume in m³ è possibile ottenere anche la distribuzione spaziale delle variazioni all'interno della cavità. M3C2 (Multiscale Model to Model Cloud Comparison) è il nome dell'algoritmo utilizzato per le i confronti di volume.

Le potenzialità e le future applicazioni di questo approccio verranno ulteriormente studiate ed approfondite in diversi siti del Friuli Venezia Giulia tramite il progetto CryoKarst - Cryosphere in the Karstic environments of Friuli Venezia Giulia grazie ad un accordo operativo stipulato tra l'Istituto di Scienze Polari del CNR ed il Servizio Geologico della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia.

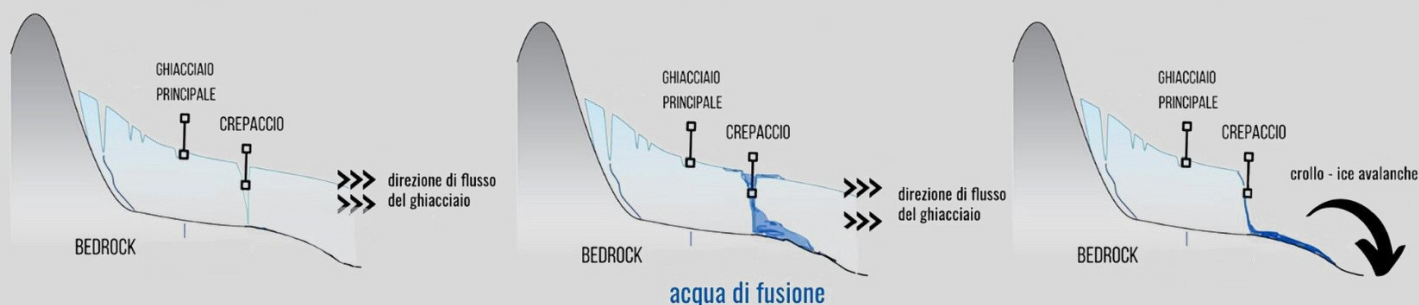
Il progetto ha tra gli obiettivi primari lo sviluppo di tecniche di rilevamento in ambienti glaciali ipogei e l'implementazione del catasto speleologico regionale attraverso la revisione del Catasto stesso, la stesura di un protocollo di rilevamento, l'organizzazione di eventi formativi, il monitoraggio e studio delle interazioni clima-criosfera negli ambienti glaciali sotterranei dell'area pilota del Monte Canin (clima, paleoclima, geomorfologia ed evoluzione del permafrost), lo sviluppo e la sperimentazione di tecniche SfM-MVS per l'esecuzione di rilievi tridimensionali e l'evoluzione dei depositi nel corso del tempo.

Renato R. Colucci
Istituto di Scienze Polari
CNR & Società Meteorologica Alpino-Adriatica
Costanza Del Gobbo
Istituto di Scienze Polari - CNR
Andrea Securo
Università Cà Foscari, Istituto di Scienze Polari
& Società Meteorologica Alpino-Adriatica

LA VALANGA DI GHIACCIO IN MARMOLADA

Il 3 luglio 2023 una porzione di ghiacciaio della Marmolada è collassata e crollata a valle in quella che i glaciologi definiscono una ice avalanche (valanga di ghiaccio).

Le temperature eccessivamente alte per diverse settimane con valori che fino a pochi decenni fa non appartenevano alla climatologia alpina, ma piuttosto che sono tipiche del Nord Africa, hanno portato ad una enorme disponibilità di acqua di fusione glaciale. L'acqua ha saturato una frattura trasversale del ghiacciaio (un crepaccio) che si genera per deformazione e dinamica del ghiacciaio stesso sotto l'azione della sua stessa massa modificando la pressione idraulica interna che ha ulteriormente allargato la frattura e poi lubrificato la parte basale di quella porzione di ghiacciaio facendola rovinosamente crollare verso valle.

Il riscaldamento globale sta alla base di questo evento in quanto ha ormai modificato il clima del pianeta e delle Alpi, queste ultime peraltro considerate hot-spot climatico, ossia un luogo della Terra dove gli effetti del riscaldamento globale sono più accentuati. Eventi estremi ad impronta calda per questo motivo diventano sempre più frequenti ed intensi.

Spiegazione schematica delle cause alla base del collasso di una porzione di ghiacciaio in Marmolada.

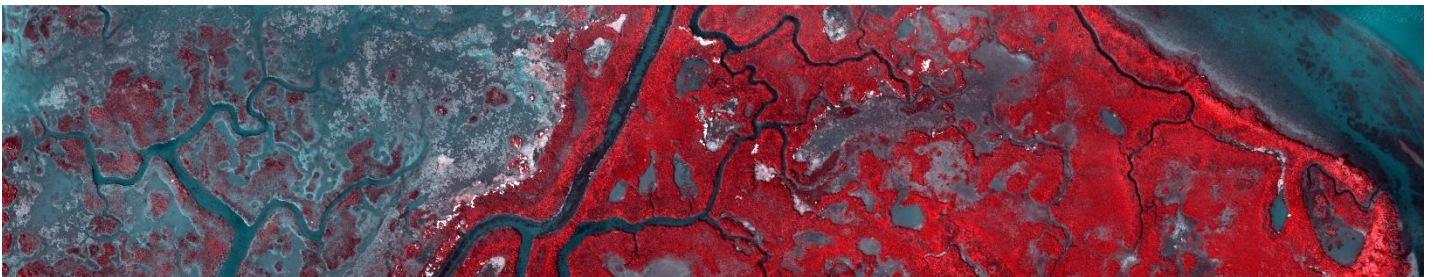
Nel 2019 uno studio condotto da CNR, Università di Trieste, Università di Genova, Aberystwyth University (Wales-UK) e ARPA Veneto ha pronosticato la scomparsa del ghiacciaio della Marmolada entro 25-30 anni. Il calcolo è stato eseguito semplicemente proiettando temporalmente in avanti i tassi di riduzione del ghiacciaio osservati tra il 2004 ed il 2014, lasciando però il clima stabile, così com'era. Ma le temperature continuano ad alzarsi a causa del riscaldamento globale; quindi, oggi potremmo anche stimare al ribasso quella ipotesi. Un'inversione di tendenza sarebbe possibile solo con un repentino raffreddamento del clima almeno sui valori degli anni 1970-1980, cosa davvero poco verosimile dal momento che è ormai appurato inconfutabilmente che l'aumento delle temperature terrestri è strettamente correlato all'aumento dei gas serra in atmosfera dovuti ai combustibili fossili usati per produrre l'energia di cui abbiamo bisogno.

I famosi "cicli e cause naturali" invocati dagli ormai pochi negazionisti, ci dicono infatti che dal 1850 ad oggi la terra si sarebbe dovuta raffreddare di circa 0.1°C, e quindi dal punto di vista glaciologico ci troveremmo verosimilmente con ghiacciai nella medesima situazione di 170 anni fa, o anche leggermente più "sani" in alcuni casi.

Renato R. Colucci
Istituto di Scienze Polari - CNR

BIODIVERSITÀ ED ECOSISTEMI

L'ACQUA SALE, LE PIANTE SOFFRONO: LE BARENE LAGUNARI E IL CAMBIAMENTO CLIMATICO

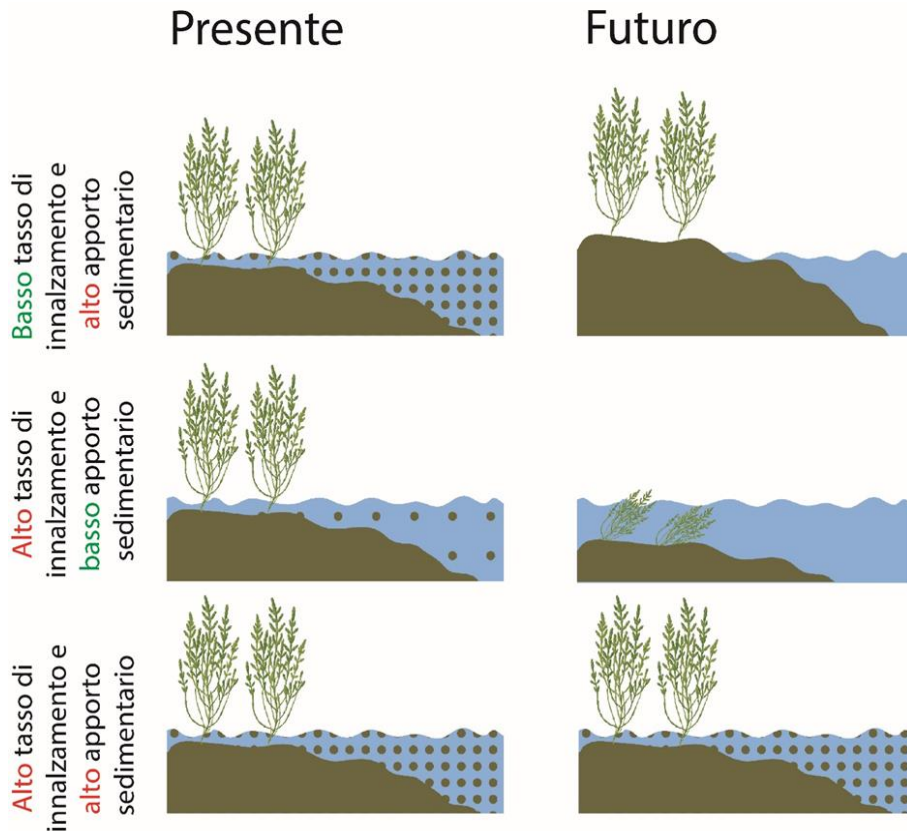
L'innalzamento del livello medio del mare sta colpendo i nostri sistemi marini e costieri e altera il rapporto tra gli organismi e l'ambiente in ecosistemi molto fragili come quelli lagunari. Le barene sono un sistema sorretto da un instabile equilibrio tra piante, maree e sedimento, ma rappresentano un elemento cruciale per l'intera biodiversità lagunare. L'aumento della sommersione sta minando questo equilibrio poiché compromette la capacità acclimatativa delle piante e innesca la regressione e potenziale scomparsa di questi importanti tasselli paesaggistici.

L'attuale tasso di innalzamento del livello del mare rappresenta la principale minaccia agli ambienti costieri e alle lagune, alterando molteplici servizi ecosistemici che questi ambienti forniscono alla società. I sistemi intertidali lagunari, compresi all'interno dell'intervallo di escursione delle maree, sono molto sensibili all'innalzamento del livello del mare, che ne aumenterà i livelli di sommersione.

UNA QUESTIONE DI ACQUA, TERRA E PIANTE

Le barene sono cruciali tasselli che compongono il mosaico lagunare e possiamo definirli come corpi sedimentari composti da materiali fini trasportati dalle maree e successivamente stabilizzati dalla presenza della vegetazione.

Le barene possono essere definite come 'ecosistemi sentinella' essendo in grado di fornire indicazioni sui cambiamenti regionali e globali.

L'integrità delle barene dipende principalmente dall'interazione di due fattori, il bilancio sedimentario e l'intensità di sommersione, dipendente a sua volta dai cicli tidali e dal livello medio del mare. Questi due fattori hanno delle forti implicazioni nel modello evolutivo di una barena.

Possibili evoluzioni delle barene

Schema evolutivo delle barene nell'ottica dell'innalzamento del livello marino

In particolar modo a bassi tassi di innalzamento del livello del mare congiunti ad un bilancio sedimentario positivo, si può verificare un adeguamento della barena con il fenomeno di accrezione.

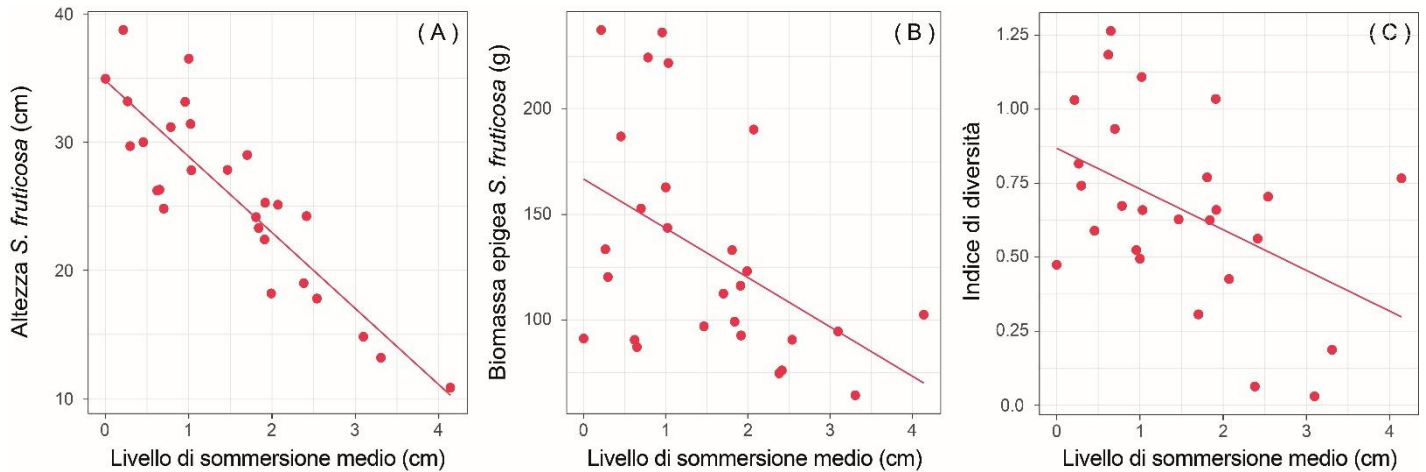
ACCREZIONE

L'accrescimento della barena è definito come crescita per deposizione di particelle sospese durante l'allagamento (crescita alloctona) e per accumulo di materiale vegetale, sia radici che materiale decomposto dalle piante che crescono nella barena (crescita autoctona).

Per tassi di innalzamento maggiori con dei bilanci sedimentari negativi l'habitat può incorrere in fenomeni di erosione e degrado. Infine, mantenendo bilanci sedimentari positivi e un incremento del livello del mare ai tassi odierni la risposta ecosistemica dipenderà dalla capacità delle piante di acclimatarsi all'aumento dello stress da sommersione.

IL MONITORAGGIO

La sommersione risulta essere il fattore di stress determinante negli ambienti di barena in quanto regola l'intera ecologia dell'ecosistema nonché la sopravvivenza e la distribuzione delle piante alofile (che tollerano il sale). I nostri studi dimostrano che un futuro aumento dei livelli di stress porterà ad una riduzione della produttività ecosistemica di questi ambienti nonché ad una modificazione di quelli che vengono chiamati *functional traits* delle piante chiave per l'ecosistema (come esempio Salicornia fruticosa).

I *functional traits* sono quelle caratteristiche morfologiche e fisiologiche che sono in grado di rappresentare l'acclimatamento messo in atto dalla pianta a livelli di stress crescenti. Questi cambiamenti avranno conseguenze a livello dell'intero ecosistema perché alterano le relazioni abiotiche e biotiche presenti, generando una potenziale perdita di biodiversità e servizi ecosistemici

Relazioni tra altezza e biomassa della specie chiave delle barene Salicornia fruticosa, indice di diversità e livello medio di sommersione.

REMOTE SENSING

Il telerilevamento (remote sensing) rappresenta l'insieme delle tecnologie che consentono l'ottenimento di dati da oggetti a terra senza entrare in diretto contatto con essi.

UN FUTURO NON SCRITTO

La comprensione di questi fenomeni e degli scenari futuri dipende da un monitoraggio continuo di questi ecosistemi. A tal fine la validazione delle tecniche di telerilevamento (*remote sensing)* è cruciale per quantificare nel tempo gli effetti dell'innalzamento del livello marino sulle comunità vegetali.

Gli studi del gruppo di Biologia vegetale dell'Università di Udine suggeriscono che il telerilevamento sia uno strumento promettente in grado di fondere diverse scale ecologiche e di produrre risultati di vasta portata che consentono di comprendere la distribuzione spaziale delle specie e di prevedere i cambiamenti della vegetazione dovuti all'aumento della sommersione.

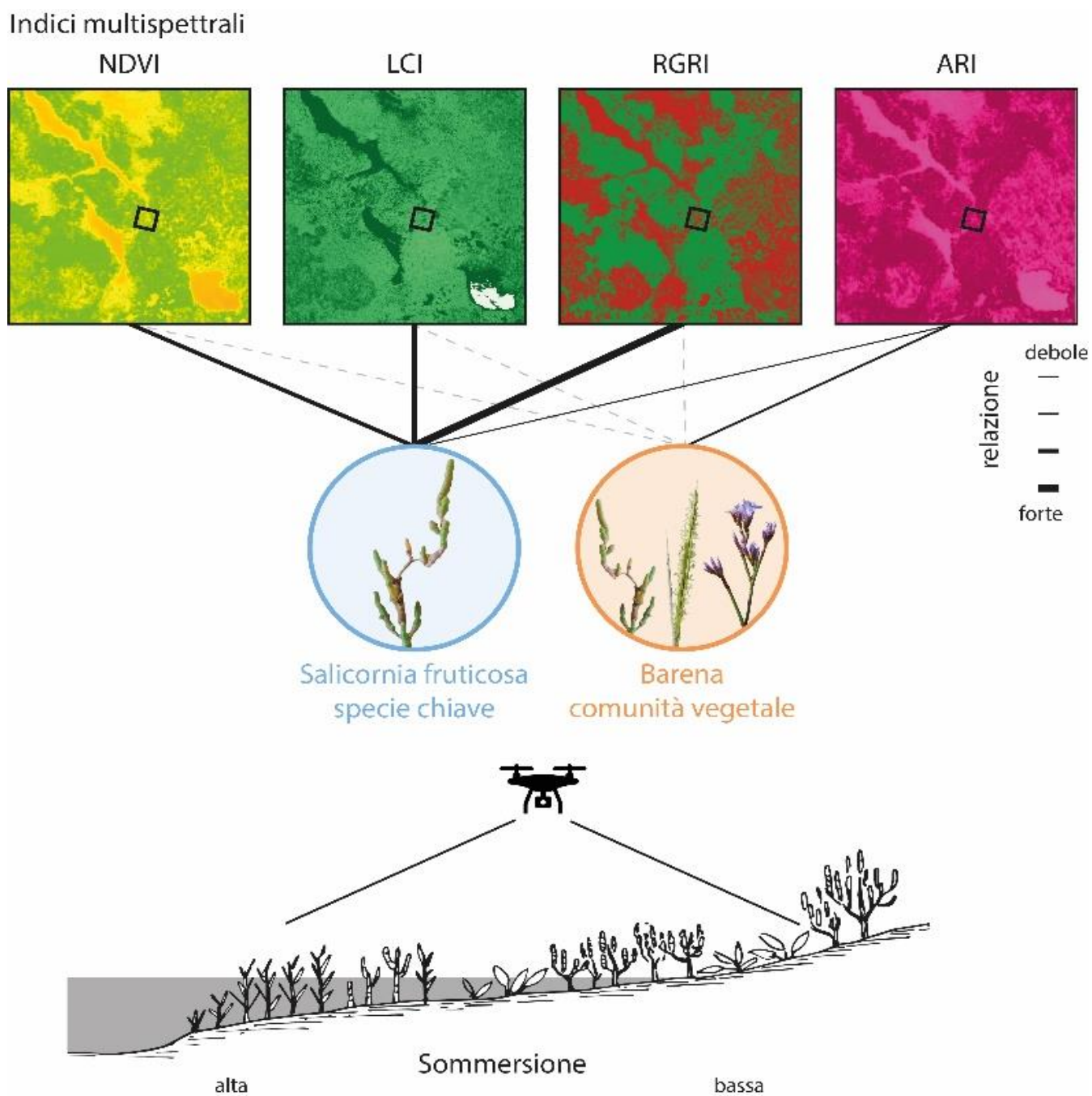
Questo approccio sarà molto utile per valutare e monitorare gli impatti del continuo innalzamento del livello del mare nelle zone umide. Questi risultati suggeriscono che il continuo innalzamento del livello del mare potrà portare ad una progressiva riduzione della copertura vegetale e della biomassa, nonché dell'altezza delle popolazioni. Questo potrebbe quindi innescare delle retroazioni tra pianta e suolo che potrebbero causare una perdita di biodiversità o la scomparsa dell'ecosistema.

UPSCALING

L'upscaling è una tecnica emergente utilizzata in studi ecosistemici al fine di collegare diverse scale ecologiche.

Nell'upscaling si cerca quindi una correlazione tra la risposta funzionale del singolo individuo, e la sua ripercussione a livello di gruppi di popolazioni (comunità) fino al livello ecosistemico.

Gli studi condotti hanno anche evidenziato che alcuni processi fisiologici come l'accumulo di pigmenti e metaboliti secondari in relazione all'aumento dei livelli di sommersione potrebbero svolgere un ruolo fondamentale per il futuro monitoraggio e upscaling del telerilevamento, modificando la risposta spettrale della vegetazione.

Queste prospettive di potenziamento applicate agli "ecosistemi sentinella", come le barene, potrebbero fornire un allarme tempestivo sui cambiamenti globali e regionali, con una comprensione fondamentale degli scenari futuri dell'intero sistema costiero.

Approccio di upscaling ecologico applicato alla vegetazione alofila barenicola.

Francesco Boscutti, Marco Vuerich
Università degli Studi di Udine

LE FANEROGAME SOMMERSE VISTE DA VICINO

Le praterie di fanerogame marine stanno subendo un veloce declino a causa della loro suscettibilità al cambiamento globale e con loro rischiamo di perdere numerosi servizi ecosistemici.

Le praterie di fanerogame marine (come la Prateria di *Cymodocea nodosa* della laguna di Marano che possiamo vedere qua sopra) forniscono servizi ecosistemici chiave, compresa la produzione di carbonio organico, regolazione del ciclo dei nutrienti, stabilizzazione dei sedimenti, sostegno della biodiversità e trasferimenti trofici agli habitat adiacenti. Le praterie di fanerogame marine, insieme ad altri ecosistemi marini, stanno subendo un veloce declino a causa della loro suscettibilità al cambiamento globale e ad altri fattori antropogenici quali l'eutrofizzazione, riscaldamento delle acque e l'innalzamento del livello del mare.

Nel contesto regionale del Friuli Venezia Giulia le fanerogame marine mostrano un rapido dinamismo nel modificare la propria distribuzione all'interno della laguna e nel dominio marino. *Zostera marina, Nanozostera noltei* e *Cymodocea nodosa*, le tre specie più comuni nelle nostre acque, crescono in praterie monospecifiche oppure in associazione tra loro formando estese praterie capaci di ricoprire fino ad un terzo della superficie lagunare.

FANEROGAME MARINE

Le fanerogame (faneròs = evidente; gàmos = nozze) marine, spesso confuse con le macroalghe, sono in realtà delle vere e proprie piante vascolari, con radici, fusti, foglie e fiori, quindi molto diverse dalle alghe vere e proprie. Fanno quindi parte delle “piante superiori” (nello specifico si tratta di angiosperme monocotiledoni) evolutesi sulla terra ferma, ma si sono riadattate alla vita acquatica, tanto da non poter sopravvivere in ambienti terrestri.

Per monitorare le alterazioni indotte dai cambiamenti climatici in questi importanti ecosistemi, l'Università di Udine ha attivato un progetto interdipartimentale, che coinvolge botanici e ingegneri al fine di sviluppare piattaforme di remote

sensing autonome per la mappatura e il campionamento di queste comunità vegetali.

Il progetto prevede l'ingegnerizzazione di un natante capace di ospitare sensori per rilevare lo stato chimico fisico delle acque che attraversano le praterie e di effettuare un rilievo subacquee di immagini multi- e iper-spettrali per collegare la risposta biologica delle fanerogame sommerse alle proprietà dell'ecosistema. In questo modo permetteranno di osservare da vicino questi ecosistemi per tracciarne le modifiche e acclimatazione ai cambiamenti ambientali.

Francesco Boscutti, Francesco Trevisan, Ivan Scagnetto
Università degli Studi di Udine

Prototipo del drone marino impiegato per il monitoraggio autonomo delle praterie di fanerogame sommerse.

Foto: Coastal Group -Università di Trieste

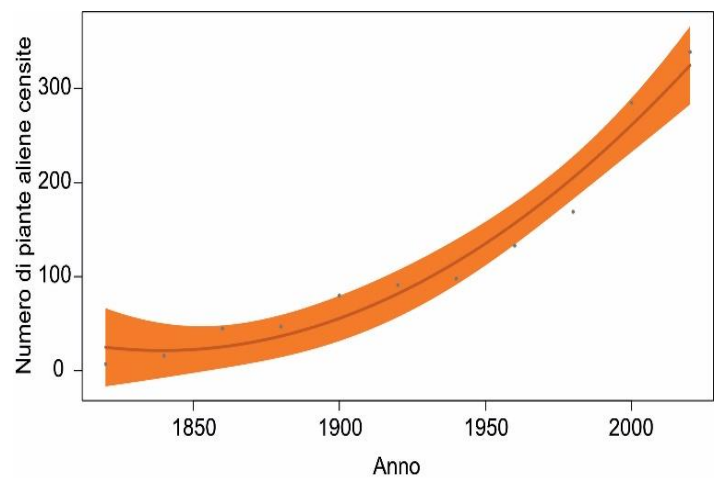
CLIMA, PAESAGGIO E PIANTE ALIENE: L'INVASIONE SILENZIOSA

L'invasione biologica è una delle maggiori cause globali di perdita di biodiversità e servizi ecosistemici. Il numero di piante provenienti da altre aree geografiche in grado di naturalizzarsi nella nostra Regione è aumentato in maniera esponenziale negli ultimi due secoli. L'invasione delle specie aliene a scala regionale è potenziata dall'aumento delle temperature in iterazione con i cambiamenti di uso del suolo. La permanenza di agricoltura estensiva, tuttavia, è in grado allo stesso tempo di attenuare l'espansione delle specie aliene invasive e al contempo promuovere la diversità delle specie vegetali native.

UN AUMENTO ESPLOSIVO

L'invasione biologica è una delle maggiori cause globali di perdita di biodiversità e servizi ecosistemici. Le piante aliene sono tra gli organismi che causano maggiori impatti sull'ambiente, riducendo la diversità delle specie native, alterando il biota del suolo, i cicli biogeochimici, fino a modificare la percezione del paesaggio (Fig. 1).

Le piante aliene presenti in Friuli Venezia Giulia sono ad oggi oltre 300 specie, che rappresentano circa il 15% dell'intera Flora regionale. L'aumento delle segnalazioni di nuovi ingressi di piante vascolari è aumentato in maniera esponenziale dalle prime segnalazione conosciute del 1800. Un andamento simile a quanto registrato per le temperature globali (hockey stick graph).

Numero di specie aliene in FVG

Andamento del numero cumulato di specie alieni presenti in Friuli Venezia Giulia nel periodo compreso tra 1800 e 2020. L'ombreggiatura indica l'intervallo di confidenza del modello

Questo andamento è il frutto di un continuo scambio biologico tra diversi continenti, favorito dall'intensificazione globale degli scambi commerciali; tuttavia, mentre in passato il fenomeno riguardava principalmente ingressi accidentali, legati all'agricoltura e ai traffici (marittimi, ferroviari), negli ultimi decenni si è osservato un costante aumento di specie ornamentali sfuggite dai giardini e inselvatichitesi.

SPECIE ALIENA

Per specie aliena si intende una specie trasportata dall'uomo, in maniera volontaria o accidentale, al di fuori della sua area di origine. Sinonimi del termine alieno sono: esotico, alloctono, introdotto, non-nativo, non-indigeno. Al contrario, una specie presente nella sua area di origine è definita autoctona o nativa o indigena. L'arrivo di una specie aliena in un nuovo territorio comporta per la specie stessa il superamento di una serie di barriere: una volta giunta e aver quindi oltrepassato il primo ostacolo (barriera geografica), deve trovare un habitat favorevole alla sua sopravvivenza, superando in tal modo la barriera ambientale e acquisendo lo stato di aliena casuale. A questo punto, se riuscirà a riprodursi autonomamente (valicando cioè la barriera riproduttiva) diverrà un'aliena naturalizzata. In seguito alla sua capacità di competere attivamente con la flora autoctona in ambienti naturali o prossimo-naturali, (p. es. producendo una maggiore quantità di semi vitali) potrà raggiungere lo stato di invasiva. Se tale attitudine giunge al punto che essa sia in grado di modificare struttura e composizione della vegetazione naturale, alterandone le caratteristiche ecologiche e paesaggistiche, essa viene definita trasformatrice.

QUALI CAUSE? LA SCALA CONTA

Una domanda centrale in ecologia, affrontata in molti studi ma ancora senza una risposta esauriente, è: cosa sta determinando il successo dell'invasione delle piante durante la colonizzazione di una nuova area geografica?

Per rispondere a tale domanda e per comprendere appieno i processi che guidano l'invasione delle piante aliene è necessario utilizzare approcci a più scale spaziali e temporali.

Quando consideriamo l'effetto della scala geografica, è generalmente dimostrato che su un'ampia scala spaziale il clima è il filtro ecologico principale per la diffusione delle piante aliene, poiché determina l'iniziale possibilità di superare la barriera riproduttiva per una pianta arrivata in una nuova area. Al contrario, a scala più fine, i disturbi locali, come il caso del disturbo del suolo e le interazioni biotiche, dovrebbero essere più influenti.

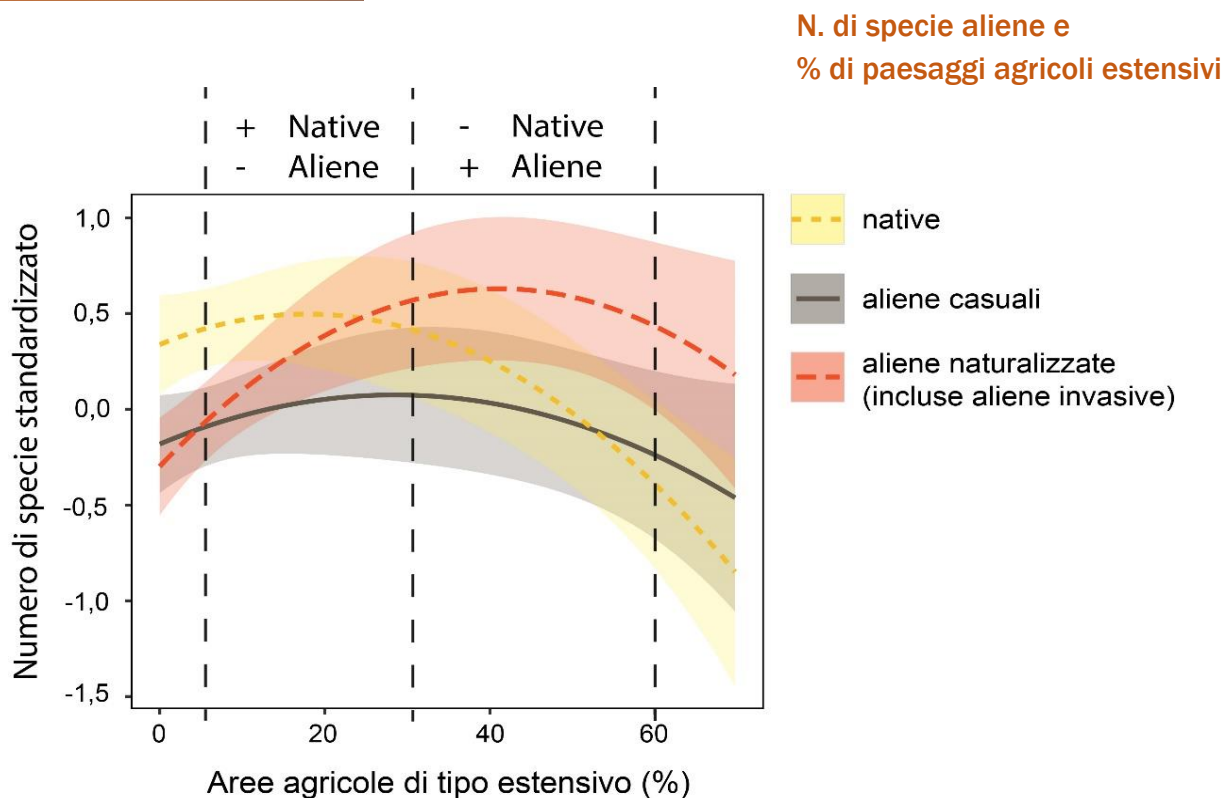
La struttura del paesaggio è frutto delle interazioni di questi elementi e la distribuzione e complessità degli elementi di natura antropica (aree urbane e agricole) sono tra i fattori determinanti per l'introduzione e diffusione di nuove specie aliene.

PAESAGGIO E CLIMA DETERMINANO IL FUTURO DI QUESTE SPECIE

Con i nostri studi abbiamo verificato che clima e uso del suolo urbano e agricolo influenzano significativamente la diffusione delle specie aliene, mostrando risposte contrastanti in confronto alle specie native.

Le specie aliene sono limitate dai climi regionali umidi e freddi. Un numero maggiore di specie aliene è stato associato agli usi urbani e agricoli del suolo.

Tuttavia, la presenza di andamenti unimodali (curva di frequenza avente un solo punto di massimo relativo) ha mostrato che una piccola percentuale di terreni agricoli di tipo estensivo può contemporaneamente frenare la diffusione di piante aliene pur sostenendo la diversità delle piante autoctone.

I risultati suggeriscono che un aumento delle specie aliene dovuto all'aumento delle temperature possa essere contenuto da una corretta pianificazione del passaggio innescando una transizione da paesaggi agricoli intensivi ad estensivi,

Andamento del numero cumulato di specie native, aliene casuali ed invasive in Friuli Venezia Giulia in relazione alla percentuale di paesaggio occupata da aree agricolo di tipo estensivo.

ad esempio mediante l'implementazione di infra-strutture verdi, non trascurando la severa tutela e la corretta gestione di quanto del paesaggio naturale esiste ancora, specialmente in pianura e nelle aree collinari, dove la pressione antropica si esercita in grado più elevato.

Francesco Boscutti
Università degli Studi di Udine
Fabrizio Martini

Impatiens balfourii
foto: Francesco Boscutti

SPECIALE INCENDI BOSCHIVI

Foto: Maurizio Rozza – Corpo Forestale Regionale Friuli Venezia Giulia

IL CARSO, UN PAESAGGIO VULNERABILE AGLI INCENDI

Il fuoco è una componente naturale degli ecosistemi, ma il regime naturale degli incendi è stato modificato dall'azione umana. Le ondate di calore e di siccità degli ultimi decenni hanno determinato un ulteriore aumento della frequenza e gravità degli eventi a livello globale, che sta mettendo in crisi i sistemi di lotta agli incendi. Il Carso, drammaticamente colpito dai devastanti incendi dell'estate 2022, è un territorio particolarmente problematico. Strategie di prevenzione basate sul recupero e gestione del territorio per contrastare l'abbandono delle aree rurali offrono soluzioni efficaci.

IL RUOLO DEL FUOCO IN NATURA

Il fuoco è una componente naturale fondamentale degli ecosistemi. Gli incendi distruggono e minacciano la vegetazione e gli animali, causano morte e danni materiali, ma influenzano la distribuzione, la struttura e il funzionamento degli ecosistemi terrestri. Varie specie dipendono dal fuoco per la loro diffusione, molti habitat sono stati modellati nel tempo dalla presenza del fuoco, periodici incendi hanno effetti positivi sulle condizioni degli ecosistemi di un territorio.

La conseguenza degli incendi è la regressione degli ecosistemi a stadi con diversa composizione in specie e complessità strutturale più semplice; un esempio è la sostituzione di un bosco con una vegetazione arbustiva o erbacea. Le comunità danneggiate o distrutte dal fuoco possono ricostituirsi nel tempo attraverso i processi di recupero spontaneo della successione ecologica.

SUCCESSIONE ECOLOGICA

Processo di trasformazione spontanea e graduale nella struttura e composizione delle comunità di un'area nel tempo, determinato dalle condizioni ambientali di un'area.

Le cause del fenomeno sono quindi naturali, come ad esempio i fulmini, ma anche antropiche, di tipo accidentale, colposo o doloso, che ne aumentano la naturale frequenza: nel nostro Paese gli incendi sono legati soprattutto all'azione umana. Frequenti incendi provocano un progressivo impoverimento e degrado del suolo e una riduzione della capacità di recupero della vegetazione, per cui una modificazione del regime naturale degli incendi porta a danni più o meno rilevanti per l'ambiente, le risorse naturali e le condizioni socio-economiche del territorio.

Purtroppo, la frequenza, l'estensione e gli impatti negativi degli incendi sono destinati ad aumentare a causa degli effetti combinati delle attività umane, del cambiamento dell'uso del territorio e dei cambiamenti climatici, costituendo una minaccia sempre più grave per le popolazioni umane e la biodiversità.

LA VULNERABILITÀ AGLI INCENDI E LA VEGETAZIONE

L'aumento del rischio di incendi richiede un'attenta pianificazione per la prevenzione e protezione, finalizzata ad eliminare le cause, a difendere gli insediamenti e le infrastrutture e a limitare i danni. Da questo punto di vista le conoscenze riguardanti la vegetazione giocano un ruolo fondamentale: il fuoco modifica gli ecosistemi, ma gli ecosistemi modificano il fuoco.

I principali fattori che influiscono sul tipo e sviluppo di un incendio sono le condizioni meteoclimatiche, l'uso del suolo e in particolare la copertura vegetale, le condizioni topografiche e urbanistiche. La vegetazione costituisce il combustibile di un incendio: la struttura, la composizione in specie, lo stato idrico, le forme di governo delle comunità vegetali determinano il comportamento del fuoco.

La quantità di biomassa vegetale è un fattore fondamentale per l'innesco e la propagazione del fuoco. Essa è legata alla struttura della vegetazione: è ridotta nelle praterie e nei pascoli e aumenta passando ai cespuglieti, alle boscaglie e ai boschi. Anche la disposizione spaziale verticale e orizzontale della biomassa è importante: un bosco denso, con abbondanti specie lianose e un fitto sottobosco favorisce la propagazione del fuoco.

Il combustibile vegetale è rappresentato anche dalla biomassa morta, costituita da alberi morti in piedi, tronchi al suolo, rami e foglie secchi. La sua quantità è influenzata dalle specie dominanti la comunità, dallo stato di salute della vegetazione, da attacchi parassitari e da condizioni di stress idrico. Gli aghi delle conifere che cadono al suolo si decompongono lentamente per cui nei boschi di aghifoglie spessi strati di foglie morte si accumulano nella lettiera.

L'infiammabilità e la combustione della materia vegetale dipendono dallo spessore del combustibile e dalla sua composizione chimica. La presenza di resine, oli e cere favoriscono l'infiammabilità: i pini, ad esempio, contengono resine, altamente infiammabili e con alto potere calorifico, che aumentano l'intensità e la velocità di propagazione del fuoco.

POTERE CALORIFICO

Quantità di calore sviluppata dalla combustione completa dell'unità di massa (o di volume) di un combustibile; si può esprimere in kcal/kg o MJ/kg.

Un'altra rilevante caratteristica è il contenuto idrico delle piante e della biomassa morta, condizionato dalle condizioni meteorologiche (temperatura e umidità dell'aria, andamento delle precipitazioni, vento, ecc.) e da altri fattori ambientali quali l'esposizione, la posizione al sole o all'ombra, l'umidità del suolo. Ondate di calore e prolungati periodi di siccità aumentano così la vulnerabilità della vegetazione al fuoco.

GLI ELEMENTI DEL PAESAGGIO VEGETALE E IL RISCHIO DI INCENDI NEL CARSO

Il Carso, drammaticamente colpito dai devastanti incendi dell'estate 2022, è un territorio particolarmente problematico dal punto di vista degli incendi, a causa di molteplici fattori: l'assetto urbanistico caratterizzato da una diffusa presenza di centri abitati, aree agricole, infrastrutture viarie compresse in uno stretto territorio, l'elevata fruizione e frequentazione delle aree naturali, il clima contraddistinto dal freddo e secco vento di Bora e da una marcata tendenza all'aridità estiva, la mancanza di una rete idrografica superficiale, e lo stato della copertura vegetale, come evidenziato dagli studi coordinati dal prof. Livio Poldini dell'Università di Trieste.

Il paesaggio vegetale del Carso è attualmente dominato dalla boscaglia carsica e da cespuglieti, in forte espansione a scapito delle praterie e prati, e dalle pinete a pino nero. I boschi maturi, rappresentati soprattutto dal bosco a rovere (*Quercus petraea*) e da quello a carpino bianco di dolina (*Carpinus betulus*), hanno invece un'estensione molto limitata. La landa carsica, che comprende le praterie aride che un tempo caratterizzavano il paesaggio carsico, e i prati da sfalcio sono sempre più ridotti e frammentati.

Foto: Fabrizio Braico - Squadra comunale Protezione Civile di Monfalcone

Le pinete a pino nero (*Pinus nigra*), frutto di opere di rimboschimento iniziate nella seconda metà del 1800, sono le tipologie a maggior pericolo d'incendio. Si tratta di boschi di una specie forestale introdotta che si trovano in un generale stato di deperimento, dovuto all'età degli impianti, agli attacchi di patogeni e ai sempre più prolungati periodi di siccità ed elevate temperature. L'alto contenuto in resine della materia vegetale, unito all'elevata quantità di biomassa secca, in aumento a causa del disseccamento di piante sempre più sofferenti, ne determina l'elevata infiammabilità e combustione.

Anche le comunità dominate da cespugli densi e contenenti resine o oli essenziali sono altamente infiammabili: questi tratti caratterizzano i cespuglieti a sommacco o scotano (*Cotinus coggygria*) che coprono ampie superfici dell'altopiano carsico, in quanto stadio di ricolonizzazione spontanea da parte di specie legnose della landa carsica in seguito all'abbandono del pascolo.

La boscaglia carsica è la formazione forestale principale del Carso, costituita principalmente dalla roverella (*Quercus pubescens*), carpino

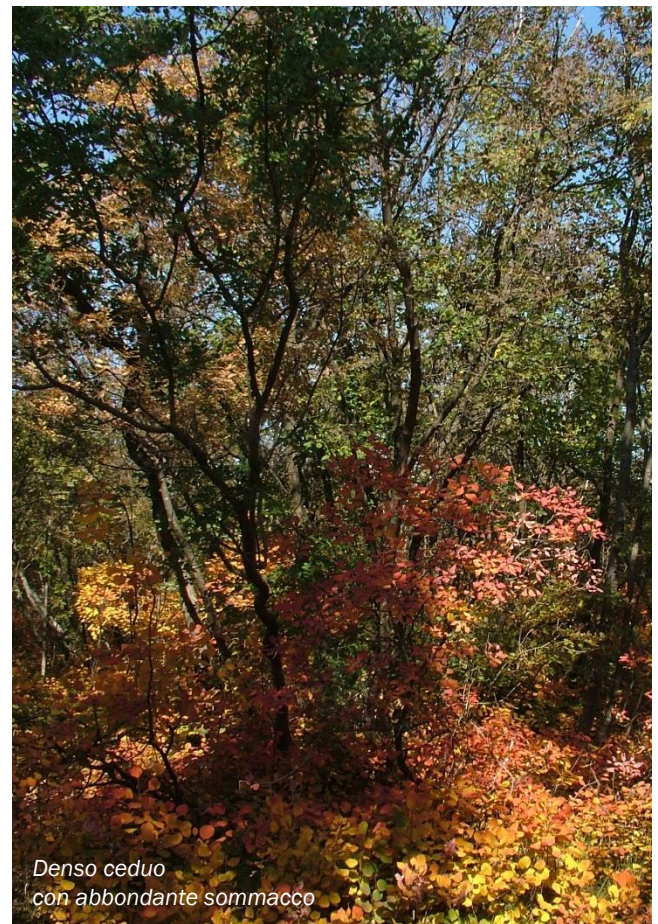
nero (*Ostrya carpinifolia*) e orniello (*Fraxinus ornus*); grazie all'elevato grado di luminosità presenta uno strato erbaceo ben sviluppato dominato dalla sesleria autunnale (*Sesleria autumnalis*). È presente soprattutto come cedui abbandonati e invecchiati e fitte macchie a struttura arbustiva che stanno invadendo le formazioni erbacee per l'abbandono delle pratiche colturali. Questi consorzi sono facile esca di incendi a causa del denso sviluppo dello strato arbustivo ed erbaceo che facilitano l'innesco e la propagazione del fuoco, l'elevata penetrazione della radiazione solare che influenza la temperatura interna, l'abbondante presenza di specie contenenti resine ed oli essenziali come il sommacco, l'assenza di interventi di tipo selvicolturale.

Una minore incendiabilità si presenta nel caso dei boschi maturi di latifoglie, grazie alla maggiore complessità strutturale, al ridotto sviluppo dello strato arbustivo ed erbaceo e al microclima più fresco ed umido. Per quanto riguarda le vegetazioni erbacee, la quantità di combustibile vegetale è ridotta e gli incendi possono essere controllati con maggiore tempestività e minore difficoltà.

I tipi di vegetazione ed il loro stato di salute hanno quindi un ruolo cruciale nel determinare la probabilità e il comportamento degli incendi.

PROBLEMATICHE NELLA RIPRESA POST-INCENDIO DELLA VEGETAZIONE

Le conseguenze degli incendi a livello ambientale sono molteplici. Tra queste va considerata la tendenza al mantenimento nel territorio delle comunità arbustive, particolarmente esposte al pericolo di incendio: dopo un incendio, questi tipi di comunità riescono a recuperare in termini di biomassa nel giro di pochi anni, risultando così facile esca di nuovi incendi. Questa situazione interessa la più diffusa tipologia forestale del Carso, la boscaglia carsica, rappresentata prevalentemente da cedui abbandonati ad elevato pericolo di incendio.

Denso ceduo con abbondante sommacco

Frequenti incendi, uniti al riscaldamento globale, potrebbero portare ad una progressiva modificazione nella composizione floristica dei tipi di vegetazione, con la possibile espansione delle specie più termofile (adattate a vivere in luoghi caldi) e quindi degli aspetti più caldi delle comunità vegetali, che attualmente caratterizzano la parte occidentale del Carso: tra le essenze legnose, specie quali la spina di Cristo (*Paliurus spina-christi*), il terebinto (*Pistacia terebinthus*) o il leccio (*Quercus ilex*), diffuso nella zona della costiera triestina, potrebbero mostrare un'espansione. Invece, specie quali il carpino nero (*Ostrya carpinifolia*) e la roverella (*Quercus pubescens*), che in questi decenni hanno mostrato gravi segni di deperimento a causa dei cambiamenti climatici, potrebbero subire una contrazione, con un conseguente stravolgimento delle comunità boschive che attualmente dominano.

Un'altra rilevante conseguenza degli incendi è l'alterazione degli habitat dovuta all'espansione di specie esotiche ed invasive, non appartenenti alla nostra flora.

Il passaggio del fuoco può distruggere la copertura vegetale e le porzioni di suolo nudo possono essere colonizzate da nuove specie, non presenti nella comunità incendiata, che possono essere entità autoctone legate a situazioni disturbate oppure specie esotiche. Le specie aliene invasive particolarmente pericolose in relazione al problema degli incendi nel Carso sono l'ailanto (*Ailanthus altissima*), specie arborea che si sta espandendo rapidamente soprattutto in prossimità di centri abitati, strade, sentieri e altre infrastrutture lineari, il senecione africano (*Senecio inaequidens*) e la cespica annua (*Erigeron annuus*), specie erbacee che invadono soprattutto aree di pineta, landa ed altre comunità erbacee incendiate. Anche le piste forestali e le piste tagliafuoco che vengono realizzate per facilitare gli interventi di spegnimento degli incendi e per limitare la loro propagazione possono facilitare la diffusione di specie esotiche all'interno delle aree naturali.

La specie esotica invasiva Senecio inaequidens *sviluppata su cippato*

LA PREVENZIONE DEGLI INCENDI ATTRAVERSO LA GESTIONE DEL TERRITORIO

I cambiamenti climatici stanno determinando un aumento della frequenza ed intensità degli incendi a livello globale, con gravi danni per l'uomo e il territorio. Nella lotta agli incendi diventano cruciali strategie di prevenzione basate sull'aumento della resilienza e resistenza al fuoco del paesaggio, attraverso politiche di gestione del territorio volte a migliorarne l'assetto ambientale. Queste politiche sono basate su interventi selvicolturali per ridurre l'infiammabilità dei boschi, creazione di radure ed altri elementi per aumentare la discontinuità delle vegetazioni legnose, rafforzamento dell'eterogeneità ambientale con l'ampiamento di pascoli, prati e coltivazioni come aree tagliafuoco, misure per contrastare l'abbandono delle aree rurali e supportare la manutenzione del territorio. Nel caso del Carso, questa strategia di lotta agli incendi può essere realizzata attraverso interventi di diradamento e conversione di pinete in boschi di latifoglie, conversione dei cedui in boschi di alto fusto, riduzione dei cespuglieti con recupero delle superfici di landa carsica da mantenere attraverso la reintroduzione del pascolo estensivo, ampliamento o creazione di fasce di vegetazione erbacea intorno ai centri abitati per la difesa dalla propagazione del fuoco.

MOSAICO AMBIENTALE

Insieme di aree di tipi diversi di ambienti presenti in un territorio; ogni area è una tessera del mosaico ambientale.

Si tratta di una politica di gestione del territorio volta al rafforzamento e al miglioramento del mosaico ambientale e al recupero di aspetti del paesaggio tradizionale che richiede pianificazione, investimenti e tempo, ma che costituisce un efficace strumento per la lotta agli incendi e per la salvaguardia della biodiversità e dell'ambiente.

Miris Castello, Giovanni Bacaro
Università degli Studi di Trieste

Ad alcuni argomenti specifici, introdotti da questo articolo, sono dedicati gli approfondimenti:

→ L'EQUILIBRIO PERDUTO TRA FORESTE E INCENDI ALLA LUCE DELLA CRISI CLIMATICA
→ DUE OCCHI CONTRO GLI INCENDI A 800 KM DI ALTEZZA
→ IL FUTURO DEI BOSCHI NEL CARSO: QUALI ALBERI POSSONO RIDURRE IL RISCHIO DI INCENDI?

Disseccamento degli aghi in individui di Pino nero

Landa carsica in via di scomparsa per l'invasione da parte del sommacco

CEDUO

Forma di governo del bosco basata sulla capacità di alcune latifoglie di emettere nuovi fusti se tagliate. Questo tipo di formazione boschiva è costituita essenzialmente da polloni, cioè da fusti provenienti da rinnovazione agamica (propagazione vegetativa)

INFIAMMABILITÀ

Facilità con cui una sostanza prende fuoco e brucia

SPECIE ESOTICA

Specie che si trova al di fuori del suo areale di distribuzione naturale a causa dell'uomo. Sinonimo: aliena, avventizia

SPECIE INVASIVA

Specie esotica capace di espandersi spontaneamente dall'area di introduzione in modo rapido e su distanze molto vaste e causare seri danni ambientali e socio-economici

SPECIE TERMOFILA

Specie adattata a vivere in luoghi caldi

STRUTTURA DELLA VEGETAZIONE

Disposizione nello spazio delle piante in senso verticale (stratificazione) e orizzontale (densità)

L'EQUILIBRIO PERDUTO TRA FORESTE E INCENDI ALLA LUCE DELLA CRISI CLIMATICA

Il cambiamento climatico in atto sta alterando il regime naturale degli incedi con conseguenti modifiche nello sviluppo e nella composizione dei boschi. L'adozione di nuovi approcci per la prevenzione o la mitigazione di questi eventi di disturbo è quindi quanto mai auspicabile e necessaria, anche attraverso un attivo coinvolgimento dei proprietari forestali privati.

Gli incendi boschivi sono sicuramente tra i più importanti fattori di disturbo degli ecosistemi forestali. Sono eventi ricorrenti in natura e che hanno importanti conseguenze sulla composizione specifica, sulla struttura e sul funzionamento di molti ecosistemi terrestri, tanto che il fuoco è stato una delle principali forze ecologiche ed evolutive sulla Terra da quando le piante hanno colonizzato il nostro pianeta circa 400 milioni di anni fa.

Proprio per questo motivo, molte specie vegetali hanno sviluppato tratti funzionali e strategie adattive, che consentono loro di sopportare gli effetti del fuoco e/o di riprendersi dopo il suo passaggio.

COME LE PIANTE SI DIFENDONO DAGLI INCENDI

Diverse specie vegetali hanno sviluppato strategie come:

- una certa resistenza al passaggio delle fiamme (per esempio, la corteccia ispessita ed isolante della quercia da sughero),
- una maggiore capacità di ricolonizzare rapidamente le aree percorse dagli incendi attraverso abbondanti fruttificazioni e/o il rilascio dei semi solo dopo il passaggio delle fiamme (serotinia),
- il vigoroso riscoppio delle ceppaie dopo la distruzione della parte aerea in molte latifoglie
- una maggiore germinazione del seme grazie anche alla stimolazione di alcune sostanze volatili rilasciate durante l'evento.

Strategie di adattamento agli incendi forestali: resistenza al passaggio delle fiamme tramite una corteccia ispessita ed isolante nella quercia da sughero (sinistra); abbondante rinnovazione di pino marittimo da seme post-incendio (centro); ricacci da una ceppaia di corbezzolo (destra).

Inoltre, gli incendi influenzano il modo con cui le specie sono presenti all'interno delle comunità con dirette conseguenze sulla biodiversità e sull'eventuale maggiore diffusione di specie più adattate ad eventi ricorrenti a scapito delle altre. D'altro lato, le stesse comunità vegetali possono modificare nel tempo le caratteristiche ed il regime degli incendi attraverso un ciclo auto-rinforzante che seleziona particolari tratti funzionali (quelle caratteristiche proprie di un organismo che si rivelano importanti nel guidarne le risposte ai fattori ambientali che agiscono su di esso) o attraverso modifiche nell'infiammabilità della vegetazione a seguito di cambiamenti nella composizione specifica. La stessa distribuzione spaziale dei tratti funzionali delle specie vegetali nel territorio può influenzare la continuità del combustibile e quindi la probabilità e la diffusione degli incendi.

Il regime degli incendi è generalmente descritto attraverso una serie di caratteristiche tra cui:

- la frequenza o tempo di ritorno dell'evento (cioè ogni quanti anni ci aspettiamo che si verifichi un evento di una determinata entità, basandoci sulle evidenze del passato),
- la dimensione,
- la stagionalità,
- l'intensità (energia rilasciata per unità di tempo per unità di superficie),
- la gravità (impatto diretto),
- il tipo (incendio sotterraneo, di superficie, di chioma)
- e la modalità di combustione.

RICOSTRUIRE LA STORIA DEGLI INCENDI

La storia degli incendi in una certa area geografica può essere ricostruita facendo ricorso a fonti dirette come, per esempio, documenti storici, dati statistici, mappe delle aree percorse dal fuoco e, più recentemente, osservazioni da satellite oppure attraverso fonti indirette come dati paleo-ecologici (per esempio, le cicatrici da fuoco negli anelli di accrescimento degli alberi, particelle di carbone conservate nei sedimenti e composti organici conservati nelle carote di ghiaccio).

Questa sezione trasversale di un albero di sequoia in California mostra alcuni degli anelli degli alberi e le cicatrici formatesi a seguito del passaggio del fuoco. I numeri indicano l'anno in cui un particolare anello è stato deposto dall'albero (foto: Tom Swetnam)

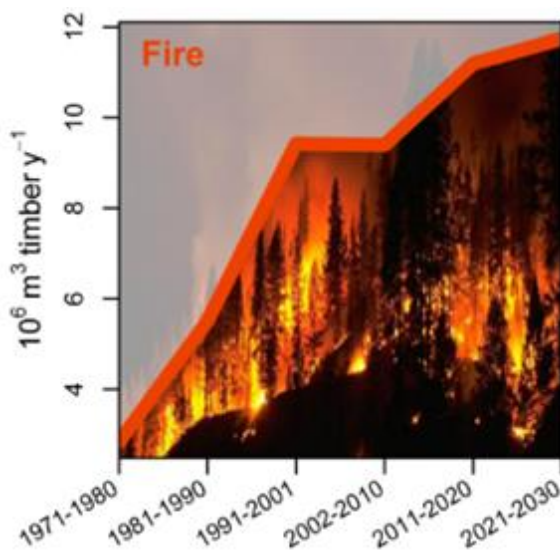
GLI INCENDI BOSCHIVI: UN FENOMENO IN AUMENTO A LIVELLO GLOBALE E LOCALE. PERCHÉ?

Diversi studi hanno messo in evidenza come il cambiamento climatico in atto possa modificare il regime naturale degli incendi e di conseguenza alterare le traiettorie di sviluppo dei soprassuoli forestali, ossia i tempi e i modi con cui si sviluppano i boschi.

In particolare, l'aumento delle temperature globali e degli eventi siccitosi negli ultimi decenni sta creando condizioni molto favorevoli per gli incendi ed è probabile che entro la fine del secolo aumentino la gravità e la durata della stagione degli incendi. in tutto il mondo, soprattutto alle più elevate latitudini dell'emisfero boreale.

Infatti, recenti stime hanno riportato un aumento nelle perdite di superficie forestale a scala globale dal 2001 al 2019 direttamente imputabili al passaggio del fuoco e le foreste boreali in Eurasia e Nord America, insieme alle foreste subtropicali dell'Australia e dell'Oceania, sono le formazioni forestali in cui gli incendi hanno causato i maggiori danni in termini di superficie.

Per quanto riguarda l'Europa, sebbene l'area percorsa dal fuoco sia diminuita negli ultimi decenni grazie ad un migliore sistema di allerta ed un'elevata capacità di controllo e spegnimento, si è registrato un cambiamento nella localizzazione geografica di questi eventi: se in passato più dell'80% della superficie bruciata a scala europea ricadeva nell'area mediterranea, oggi gli incendi nelle foreste temperate di latifoglie sono quelli più frequenti, soprattutto a causa delle recenti ondate di calore e della forte siccità durante il periodo estivo. Infatti, il decennio tra il 2011 e il 2020 ha incluso i nove anni più estremi per i massimi globali di stress idrico per la vegetazione mai registrati e si prevede che l'aridità aumenterà ulteriormente in futuro con possibile intensificazione degli incendi.

Ne è un esempio l'incendio sul Carso dell'estate 2022 in cui sono andati distrutti più di 4.100 ha di superficie forestale tra Italia e Slovenia.

Danni da incendi forestali in milioni di metri cubi all'anno tra il 1971 ed oggi e previsione per il 2030 in Europa alla luce del cambiamento climatico in atto (fonte: Seidl et al. 2014, modificato).

GESTIRE E PREVENIRE GLI INCENDI BOSCHIVI: SFIDE CRESCENTI, NUOVE SOLUZIONI

In questo contesto, l'uomo ha la possibilità di influenzare in modo diretto il regime degli incendi attraverso:

- la modifica della frequenza, dei tempi e della distribuzione spaziale delle fonti di accensione (in molte aree geografiche, gli esseri umani si sono sostituiti ai fulmini come causa principale di innesco);
- la modifica della struttura dei boschi, della loro composizione e della quantità di combustibile (massa legnosa);
- la soppressione del fuoco;
- l'emissione di gas ad effetto serra in atmosfera con il conseguente riscaldamento climatico.

Tuttavia, vista l'elevata influenza che il clima ha sui regimi degli incendi boschivi, i previsti cambiamenti in termini di disponibilità idrica legati al cambiamento climatico potrebbero rappresentare una sfida crescente per il successo delle strategie di gestione degli incendi in Europa e nel nostro Paese. Infatti, l'aumento degli eventi siccitosi, come quello recente del 2022, potrebbe portare a un aumento delle dimensioni massime degli incendi e della loro severità rendendo questi eventi meno controllabili.

Per questo, le attuali strategie antincendio e di gestione degli incendi potrebbero diventare in futuro sempre più inefficaci per il controllo dell'area bruciata e richiedere nuovi approcci di mitigazione e/o adattamento.

Pertanto, per ottenere un risultato significativo nella lotta agli incendi boschivi bisogna sempre più orientarsi ad una gestione integrata del territorio, in cui ad interventi puntuali possano affiancarsi iniziative a scala più ampia, in modo da supportare la creazione di mosaici paesaggistici più resistenti e resilienti nei confronti degli incendi.

È stato infatti dimostrato che la coesistenza di differenti usi del suolo (agricoli e forestali) nello stesso territorio può contribuire a evitare che un incendio evolva verso un evento catastrofico in quanto favorisce la discontinuità del carico di combustibile.

Allo stato attuale, tuttavia, le azioni per ridurre l'infiammabilità di popolamenti e paesaggi forestali sono generalmente realizzate su proprietà pubblica e con fondi pubblici (per esempio, la misura 8.3 dei PSR - Programmi di Sviluppo Rurale 2013-2020), poiché le spese per la loro attuazione supera, nella maggior parte dei casi, i ricavi ottenibili dal materiale estratto (dalla produzione di legname). Per questo motivo, l'interesse dei privati verso una prevenzione attiva su superfici accorpate è ancora scarso. Tale meccanismo non permette di raggiungere né la distribuzione spaziale, né la quantità di superficie trattata necessaria a modificare i regimi di incendio. Per ottenere una prevenzione efficace e sostenibile economicamente, è quindi necessario migliorare il rapporto costo-efficienza della prevenzione antincendio, ad esempio attivando filiere produttive che valorizzino i prodotti derivanti dalle azioni di prevenzione.

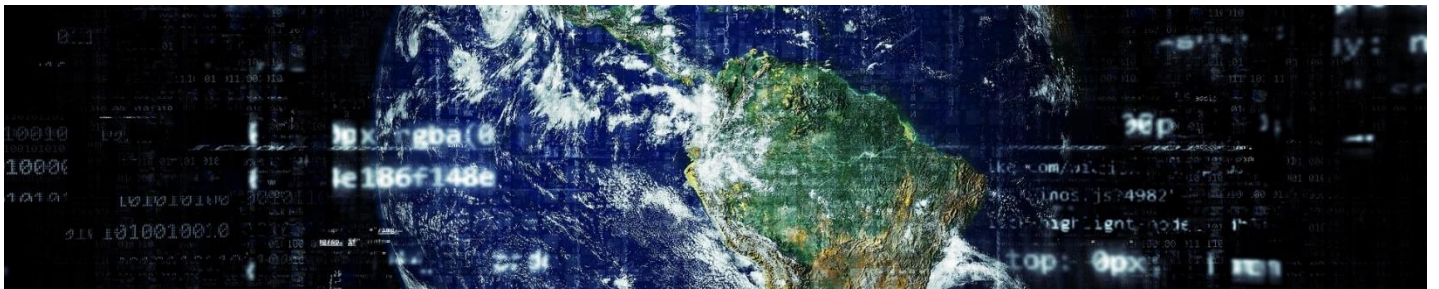
Un esempio in questo senso sono i vini DOP Montsant prodotti in Catalogna da vigneti collocati in aree strategiche per la prevenzione degli incendi (Vinyes de Contrafoc): il consumo di questi prodotti è promosso attraverso un marchio che rende riconoscibile il servizio di mitigazione del rischio di incendio fornito dalla produzione viti-vinicola, rendendo quindi appetibili investimenti privati in attività con effetti positivi sulla riduzione del rischio incendi.

È inoltre auspicabile la convergenza con iniziative complementari, non specifiche per la prevenzione, ma coerenti con gli obiettivi di riduzione del rischio a scala di paesaggio, in grado di offrire ulteriori risorse economiche per sostenere le filiere della gestione preventiva (per esempio, fondi PSR per lo sviluppo di impresa, fondi per la conservazione degli habitat, investimenti privati). L'applicazione di tali strategie in territori più ampi della singola proprietà è possibile solo se si integra la pianificazione strategica della prevenzione con gli obiettivi multipli di governo del territorio (sviluppo urbanistico, gestione agro-pastorale, conservazione degli habitat).

Giorgio Alberti, Antonio Tomao
Università degli Studi di Udine

Denso ceduo con abbondante sommacco

DUE OCCHI CONTRO GLI INCENDI A 800 KM DI ALTEZZA

Il cambiamento climatico sta rendendo sempre più difficoltoso il controllo da parte dell'uomo degli impatti derivanti da fenomeni come siccità e incendi, come quelli che hanno compito il Carso goriziano tra Italia e Slovenia a luglio 2022. Un aiuto però può arrivare dall'uso di satelliti che controllano costantemente quello che succede sulla superficie del nostro pianeta.

GUARDARE LA TERRA DALL'ALTO

L'uso dei satelliti con scopi di osservazione terrestre nasce in ambito militare oltre 40 anni fa, ma non sono altro che l'evoluzione dell'uso di aerei su cui venivano montate macchine fotografiche in grado di riprendere il territorio sottostante, e che a sua volta derivano da primi esperimenti con macchine fotografiche installate su mongolfiere a metà Ottocento o addirittura sui… piccioni! Le singole foto (fotogrammi) venivano quindi unite e poi interpretate per leggere ad esempio la forma della superficie terrestre, l'estensione dei boschi o altre caratteristiche. Seguiva la produzione di mappe disegnando in forma semplificata quanto rappresentato nelle foto scattate.

Queste tecniche di rilievo a notevole distanza vanno sotto al nome di telerilevamento – in inglese *remote sensing* – e offrono la possibilità di ottenere informazioni qualitative, come ad esempio il tipo di vegetazione di una foresta, ma anche quantitative, come ad esempio la stima della grandezza di un incendio o di una zona coltivata.

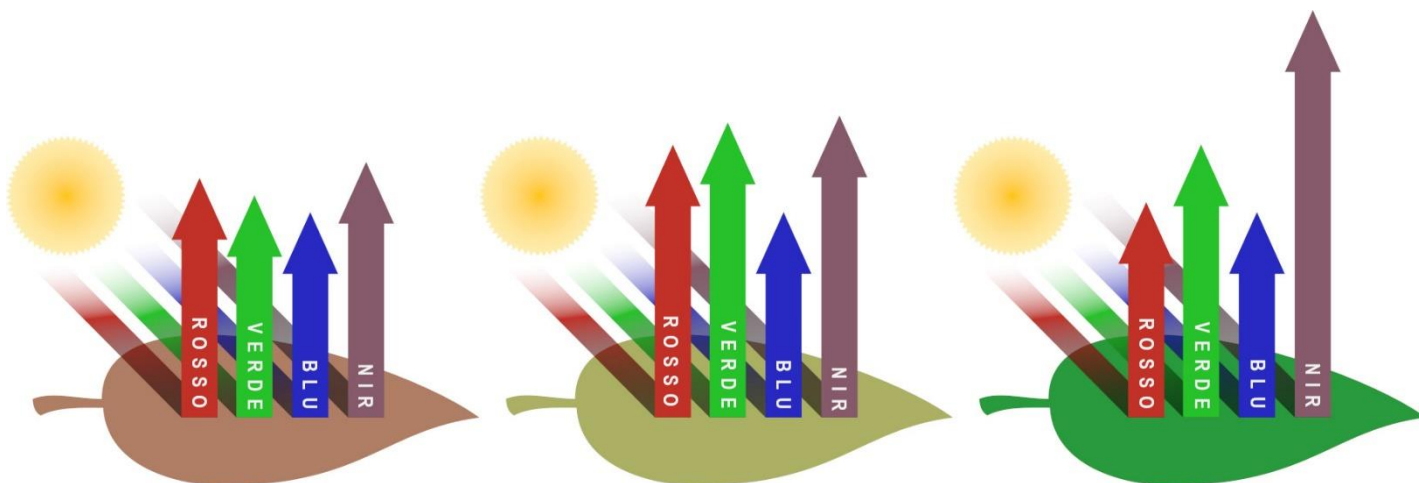
IL PROGRAMMA COPERNICUS E I SUOI SATELLITI SENTINEL-2

Nel caso del telerilevamento in campo ambientale, i sistemi più utilizzati sono i satelliti perché permettono di poter osservare grandissime porzioni della superficie terrestre, aiutandoci a comprendere lo stato di salute delle foreste, stimare la deforestazione, capire quanto le nostre città stanno crescendo di dimensione, ma anche valutare l'inquinamento delle acque marine o dell'aria che respiriamo!

Esistono decine di satelliti che fanno questo tipo di lavoro messi in orbita fin dagli anni '70, ma tra i più moderni i più promettenti sono quelli del programma europeo Copernicus, dedicato a monitorare gli ecosistemi terrestri a beneficio di tutti i cittadini.

Il programma è coordinato e gestito dalla Commissione europea ed è attuato in collaborazione con gli Stati membri, l'Agenzia spaziale europea (ESA) ed altri enti. Il programma Copernicus vanta una lunga serie di satelliti, equipaggiati con sensori diversi a seconda dello scopo con cui sono stati costruiti.

Tra tutti, i due satelliti della missione Sentinel-2 hanno l'obiettivo di fornire dati utili per la generazione di diversi prodotti, come mappe di copertura del suolo, mappe di rilevamento dei cambiamenti del suolo e variabili geofisiche. I due satelliti orbitano attorno alla Terra ad un'altezza di quasi 800 km e acquisiscono una serie di immagini in sequenza ritornando sulla stessa posizione indicativamente ogni 5 giorni permettendo quindi degli aggiornamenti molto frequenti, ma anche l'immagazzinamento dei rilievi all'interno di grandi server a disposizione dei ricercatori e degli enti pubblici.

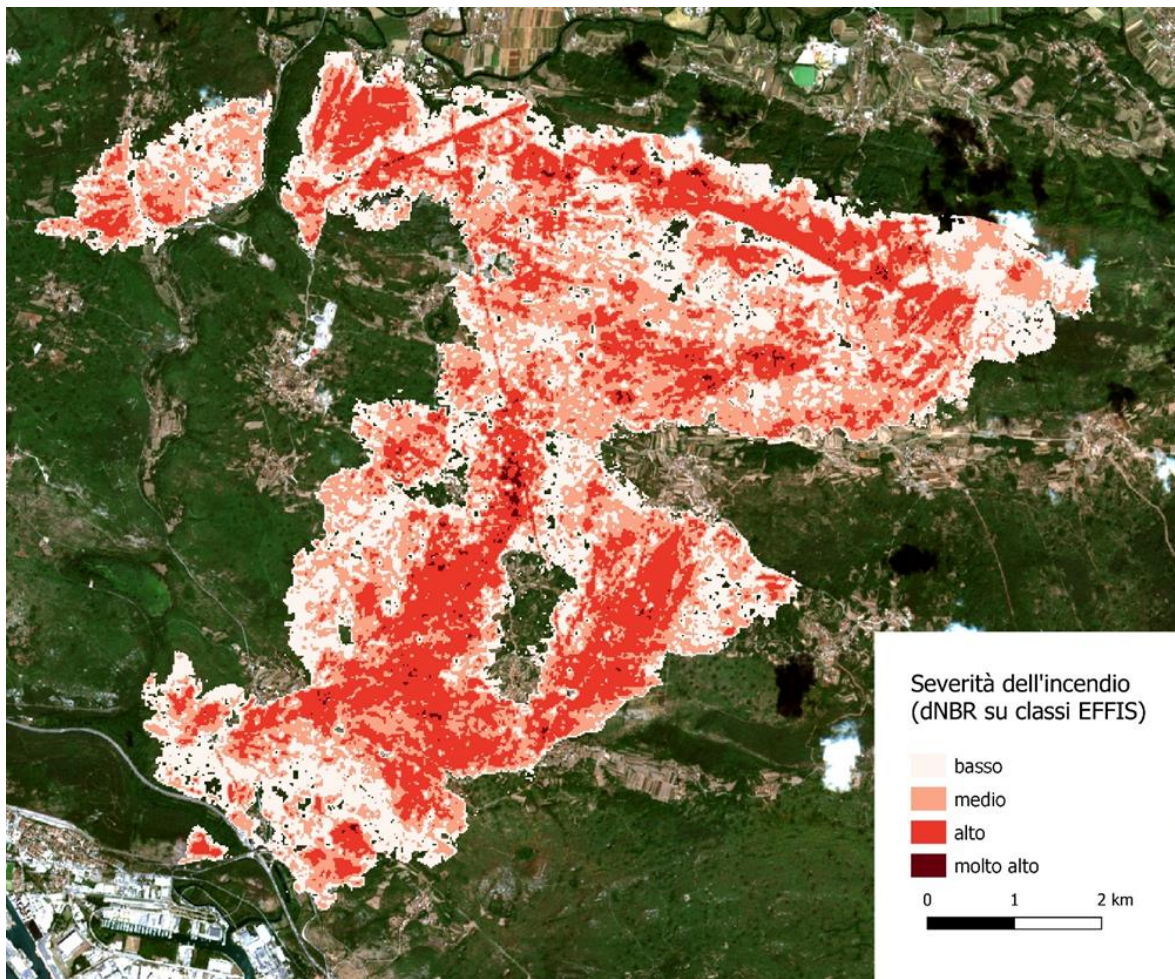
Analogamente agli aerei, lavorano scattando tante fotografie in sequenza alla superficie del pianeta, ma non sono semplici foto! Infatti, sono in grado di catturare anche informazioni che l'occhio umano non è in grado di vedere, come la radiazione infrarossa. Proprio questa ha una particolare interazione con la vegetazione ed è quindi utilissima per capire se per esempio una coltivazione di mais è in sofferenza a causa della siccità. Si parla quindi di sensori multispettrali. Infatti, una foglia in salute e ricca di acqua tende a riflettere molto la radiazione infrarossa, che giunge dal Sole. Diversamente se vi è poca acqua, la foglia è secca tenderà a rifletterne molto meno. Dati che i satelliti sono in grado di notare su grandi superfici come quelle di un bosco! Quindi le diverse componenti della radiazione solare riflessa dagli oggetti sulla Terra, vengono catturate dai sensori digitali dei satelliti, combinate usando delle funzioni matematiche e usate per creare degli indici spettrali cioè dei numeri che possono indicare una certa proprietà della vegetazione. Uno dei più famosi è il Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), basato sull'infrarosso e rosso, che viene utilizzato spesso come indice della presenza della vegetazione e del suo stato di salute come schematizzato in figura.

Se osservi le tre foglie con diverso stato di idratazione noterai che hanno un colore diverso anche all'occhio umano. Ma oltre a quello riflettono in modo molto diverso anche la radiazione infrarossa (NIR) che il satellite può però vedere!
(Wikimedia Commons - Creative Commons CC0 1.0).

SENTINEL-2 PER LA STIMA DEGLI INCENDI DEL CARSO

Le stesse tecniche, usando le diverse componenti della luce riflessa, possono essere utilizzate però anche per rilevare i cambiamenti avvenuti sulla superficie terrestre a seguito di un incendio, aiutando a stimare il danno sia in termini di superficie colpita, ma anche di intensità e di quanto si è salvato.

Se le cause del grave rogo che ha colpito il Carso a luglio 2022 non sono ancora del tutto chiare, dal momento che sembrano esserci stati più punti di innesco, è invece chiaro che un ruolo fondamentale nella propagazione l'ha avuto il forte stato di siccità della vegetazione che quindi è stata più suscettibile ad incendiarsi.

La coppia di Sentinel-2 è transitata più volte durante l'incendio, mettendo in evidenza addirittura le fiamme che divampavano, ma è stato necessario attendere la conclusione per poter avere un quadro completo. Forse un po' meno devastante del previsto. Per circoscrivere le aree effettivamente colpite è stato usato un particolare indice spettrale pensato proprio per gli incendi. Si chiama dNBR, difference Normalized Burn Ratio, e si basa su due tipi di infrarosso, che, come detto, sono legati al contenuto d'acqua, e su una sorta di confronto con un rilievo precedente all'evento. L'analisi svolta ha messo così in luce una situazione sicuramente seria, con una superficie bruciata di 45 km^2, di cui 41 km^2 di boschi, ma dove grazie all'indice è possibile anche assegnare un livello di gravità all'incendio. Si scopre così che per fortuna le aree più severamente colpite sono solo 13 km^2. Ma da satellite è anche possibile stimare l'altezza degli alberi! E unendo i due dati, è stato quindi possibile calcolare il volume di legno che è stato perso, e anche quanto si è salvato.

Dalla mappa così ottenuta è possibile notare una gradualità della severità dell'incendio spostandosi da un rosso chiaro (pochi danni) a rosso intenso (alta severità), confermata dall'immagine a colori, che mostra tante piccole chiazze verdi laddove la vegetazione è stata risparmiata. Un piccolo segno di speranza auspicando un rapido ripristino dell'ecosistema!

La mappa di severità mostra che solo una parte dell'area ha subito danni molto gravi, e si notano zone dove la vegetazione si è salvata! (Elaborazioni Università degli Studi di Udine).

QUANTI ALBERI SONO MORTI?

In Carso dopo i rimboschimenti a pino nero avviati a inizio Ottocento, insieme all'abbandono delle aree agricole avvenuta dalla metà del secolo scorso, si è verificata una folta colonizzazione dell'area da parte non solo del pino nero ma anche di frassino, scotano ed altre specie arboree e arbustive. Non è molto facile ovviamente contare il numero di alberi morti dopo l'incendio, ciò nonostante, è possibile fare una stima del volume legnoso (espresso in metri cubi) che è andato perso. Anche qui torna utile il telerilevamento grazie ad uno speciale sensore installato sulla Stazione spaziale internazionale, che utilizza un laser per stimare l'altezza degli alberi! In particolare, con il dato fornito nel 2019 è stato possibile stimare il volume boscoso prima dell'evento, e fare una ipotesi di riduzione incrociandolo con i dati di danneggiamento forniti da Sentinel-2. Complessivamente, il patrimonio boschivo dell'area interessata dall'incendio ammontava a 614.000 m^3 prima dell'evento (166 m^3 ha-1 in media) e l'incendio ha distrutto 194.000 m^3 pari al 32% del volume iniziale sull'intera superficie. Si tratta ovviamente di una stima grossolana ma che sarà confrontata con le informazioni di dettaglio derivati dai rilievi a terra e con drone che sono in programma prossima primavera.

Luca Cadez, Giorgio Alberti,
Università degli Studi di Udine
Francesco Petruzzellis
Università degli Studi di Trieste

Merna, estate 2022 (foto fornita dalla Regione FVG)

IL FUTURO DEI BOSCHI NEL CARSO: QUALI ALBERI POSSONO RIDURRE IL RISCHIO DI INCENDI?

La portata degli incendi che hanno interessato il Carso triestino, isontino e sloveno nel corso dell'estate 2022 è stata eccezionale. Il fuoco ha coinvolto oltre 3700 ettari di superfici boscate, per una perdita complessiva di 194 mila metri cubi di biomassa vegetale. Il quotidiano sloveno Delo ha definito l'incendio divampato a luglio 2022 come "il più grande incendio nella storia della Slovenia", chiedendosi quindi se il futuro riserva altri incendi di frequenza e intensità simili a quelli della scorsa estate.

Oltre ai fattori umani (atti colposi o dolosi, gestione del territorio e delle superfici boscate ecc.), il clima gioca un ruolo fondamentale nel determinare la probabilità di innesco e la velocità di propagazione degli incendi. I cambiamenti climatici stanno favorendo estati sempre più siccitose e con temperature elevate, aumentando con ogni probabilità la biomassa secca altamente suscettibile ad essere incendiata anche accidentalmente. Purtroppo, eventi di disseccamento e morte degli alberi si stanno verificando in molti ecosistemi forestali a livello globale a seguito dei cambiamenti climatici, e i boschi carsici non fanno eccezione. Sin dal 2012, a seguito di un'estate molto calda e siccitosa, è stato osservato un progressivo declino di molti individui di *Pinus nigra* (il pino nero) e di varie specie di latifoglie autoctone, ciò che ha portato a un progressivo accumulo di biomassa legnosa secca.

Non tutte le specie vegetali sono però suscettibili allo stesso modo a condizioni climatiche avverse, e quindi non tutte le specie contribuiscono allo stesso modo all'accumulo di necromassa e combustibile. Ciascuna specie vegetale è infatti caratterizzata da una diversa capacità di resistere ad eventi prolungati di siccità.

IL TRASPORTO DELL'ACQUA DALLE RADICI ALLE FOGLIE

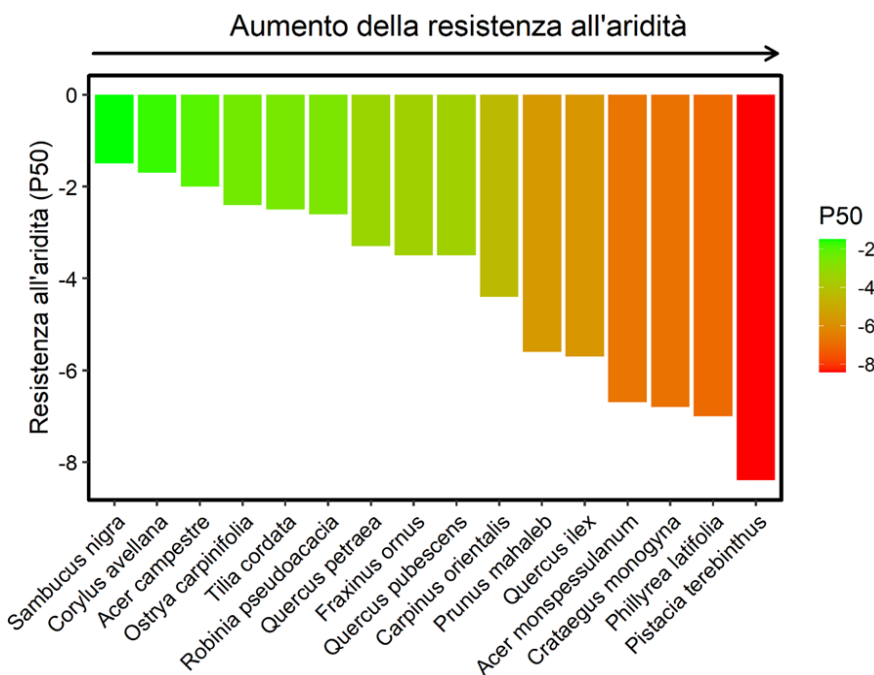
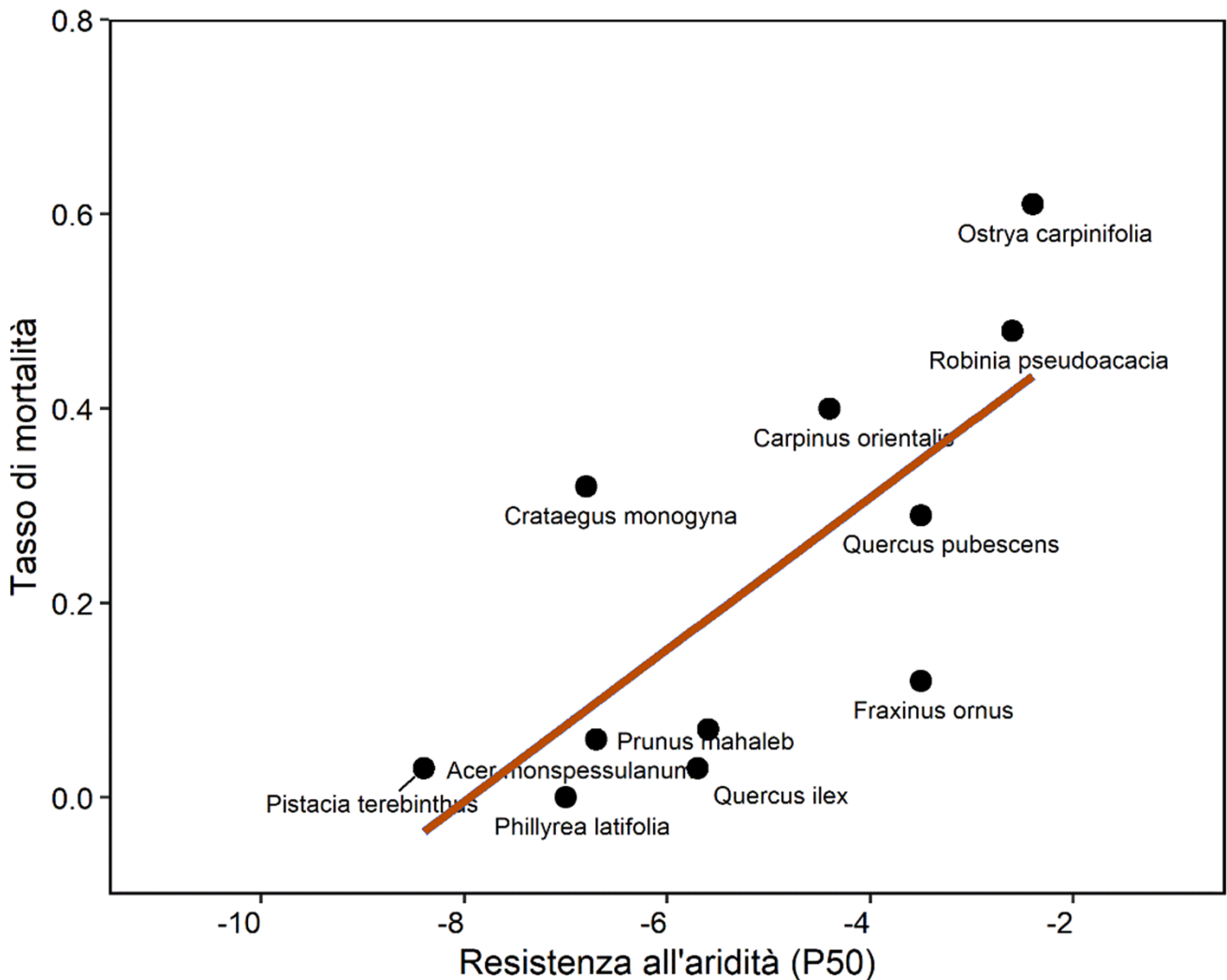
Durante il processo di fotosintesi, la fissazione della CO^2 a livello fogliare è inevitabilmente accoppiata alla perdita di notevoli quantità d'acqua attraverso il processo di traspirazione. Per sopperire a tali perdite e mantenere lo stato fisiologico di idratazione, le piante devono quindi rifornire continuamente le foglie con acqua assorbita a livello del suolo e sottosuolo e trasportata attraverso i condotti xilematici, delle vere e proprie "tubature" che connettono le radici sino alle foglie. Il trasporto dell'acqua avviene secondo un meccanismo passivo basato sulla generazione di gradienti di pressione idrostatica negativa (altrimenti detta "tensione") che si instaurano nei condotti xilematici a seguito del processo di traspirazione. Questi gradienti, uniti alla struttura anatomica e all'inter-connessione dei condotti xilematici, sono responsabili del movimento d'acqua in direzione ascendente (dal basso verso l'alto) e permettono la formazione di

una colonna d'acqua continua dalle radici sino alle foglie. La tensione a cui è sottoposta la colonna d'acqua dipende dalla velocità della traspirazione, che a sua volta dipende dalla temperatura e dall'umidità dell'aria, e dal contenuto d'acqua del suolo. Quando i livelli di traspirazione sono molto alti e/o il contenuto d'acqua del suolo scende al di sotto di soglie critiche, la tensione nella colonna d'acqua può raggiungere livelli tali da "rompere" la colonna stessa e interrompere il flusso d'acqua all'interno dei condotti xilematici. Questo determina l'interruzione del trasporto di acqua alla chioma, determinando il disseccamento di alcuni rami o dell'intera pianta. Il livello di resistenza di una pianta a condizioni di stress idrico dipende in gran parte dalla sua capacità di mantenere intatta la colonna d'acqua e di preservare quindi l'apporto di acqua alle foglie.

QUANTIFICARE LA RESISTENZA A CONDIZIONI DI STRESS IDRICO

È possibile quantificare la resistenza specie-specifica allo stress idrico attraverso la misura di "tratti funzionali idraulici". In generale, i tratti funzionali sono definiti come una qualsiasi caratteristica della pianta, misurabile dal livello di individuo a quello di popolazione, legata ad una o più funzioni specifiche. Nello specifico, i tratti funzionali idraulici sono legati alla capacità di trasporto dell'acqua attraverso i condotti xilematici, e potrebbero giocare un ruolo fondamentale nel determinare il rischio di propagazione degli incendi. Un tratto funzionale fondamentale viene indicato come P50, e misura il livello di tensione (misurata in termini di potenziale dell'acqua, Ψ) che causa la perdita del 50% della capacità di trasporto dell'acqua. La figura mostra i livelli di resistenza di alcune delle specie più abbondanti nell'area carsica interessata dagli incendi del 2022. Le specie con valori più negativi di P50, come *Phyllirea latifolia* (fillirea) e *Pistacia terebinthus* (terebinto), sono quelle con un maggiore livello di resistenza allo stress idrico, e quindi sono in grado di limitare la perdita di capacità di trasporto dell'acqua in condizioni di maggior stress idrico rispetto a specie con valori meno negativi, come *Sambucus nigra* (sambuco) e *Corylus avellana* (nocciolo).

Livelli di resistenza all'aridità (espressa in termini di P50) delle specie più abbondanti presenti nelle aree interessate dagli incendi del 2022.

È possibile ipotizzare che le specie più vulnerabili allo stress idrico siano anche quelle che più probabilmente vanno incontro a disseccamento parziale o totale della chioma, contribuendo quindi in misura maggiore all'accumulo di combustibile in grado di aumentare la probabilità di innesco degli incendi e/o favorirne una rapida propagazione. Per una prima verifica di questa ipotesi, alla fine dell'estate 2022 è stato effettuato un monitoraggio dello stato di salute delle piante arboree in varie aree del Carso

triestino, non interessate dagli incendi. Sono state rilevati complessivamente 2650 alberi appartenenti a 11 specie autoctone (con l'eccezione di Robinia pseudoacacia, la robinia specie aliena ma ampiamente naturalizzata nell'area). Per ciascun individuo è stato valutato lo stato della chioma, distinguendo gli alberi senza segni di disseccamento da quelli che mostravano rami e foglie secche in più del 50% del volume della chioma. È stato quindi calcolato un tasso di mortalità/disseccamento per le popolazioni delle diverse specie, che è stato correlato ai valori specie-specifici di P50. Come si può vedere nella figura, il tasso di mortalità è altamente correlato a P50, dimostrando come questo parametro funzionale permetta di prevedere quali specie hanno contribuito maggiormente alla produzione di necromassa, che a sua volta potrebbe avere aumentato estensione e severità degli incendi. E altresì verosimile che, nelle zone non ancora percorse da incendi, le specie più vulnerabili continueranno a contribuire in maniera significativa all'accumulo di biomassa secca, stanti le previsioni climatiche per l'area di riferimento nei prossimi decenni.

Correlazione tra il tasso di mortalità e la resistenza all'aridità (espressa in termini di P50) delle specie più abbondanti presenti nelle aree interessate dagli incendi del 2022.

PROSPETTIVE FUTURE: FAVORIRE LE SPECIE PIÙ RESISTENTI ALL'ARIDITÀ COME STRATEGIA DI ADATTAMENTO AL RISCHIO DI INCENDI BOSCHIVI

I dati preliminari sopra esposti invitano a una riflessione sulla futura gestione dei boschi carsici, soprattutto se a ridosso di infrastrutture sensibili quali abitazioni, strade, linee elettriche ecc. Poiché è molto probabile che in futuro estati calde siccitose si ripeteranno con maggiore frequenza, sono auspicabili attività di gestione forestale volte a favorire la presenza delle specie maggiormente tolleranti la siccità, riducendo al contempo la diffusione delle specie più vulnerabili, quantomeno negli habitat e siti in cui ormai fanno fatica a sopravvivere a causa delle condizioni di esposizione (es. versanti a sud) e delle caratteristiche del suolo e del substrato roccioso Una gestione dei boschi orientata da criteri fisiologici, legati ai tratti funzionali idraulici, potrebbe ridurre la quantità di necromassa prodotta nel corso delle estati siccitose, limitando la probabilità di innesco degli incendi e rallentando la loro velocità di propagazione. Ulteriori indagini saranno orientate a caratterizzare anche le proprietà della biomassa secca (foglie, rami) delle diverse specie, per identificare quelle con minore infiammabilità, caratteristica che le renderebbe ancora più apprezzabili in un'ottica di adattamento del territorio ai cambiamenti climatici.

Andrea Nardini,
Francesco Petruzzellis
Università degli Studi di Trieste

Ostrya carpinifolia

Quercus pubescens

Fraxinus ornus

Carpinus orientalis

Quercus ilex

Acer monspessulanum

Prunus mahaleb

Phillyrea latifolia

Pistacia terebinthus

Esempi di specie vegetali tipiche dell'area del Carso (fonte: http://dryades.units.it/cercapiante/index.php).

IL VERDE COLTIVATO

Foto:
Federica Flapp

PIANTE AD ALTA RIFLETTIVITÀ: UNA SOLUZIONE PROMETTENTE PER MITIGAZIONE E ADATTAMENTO

L'utilizzo in agricoltura di piante ad alta riflettività può rappresentare un'azione efficace sia per l'adattamento che per la mitigazione dei cambiamenti climatici. Queste "piante bianche" assorbono meno energia e riducono la traspirazione, i consumi idrici e la temperatura dell'aria e della superficie vegetata, che emette quindi minori quantità di radiazione infrarossa riducendo la quota di energia termica intrappolata dai gas ad effetto serra.

Una recente attività di ricerca condotta dal DI4A - Dipartimento di Scienze agroalimentari, ambientali e animali dell'Università di Udine in collaborazione con l'Istituto di bioeconomia del CNR ha proposto l'utilizzo di piante coltivate ad alta riflettività come azione di adattamento e mitigazione ai cambiamenti climatici.

Tali piante, a basso contenuto di clorofilla, dotate di peli (tricomi) o di una cuticola ricca di cere o cutina altamente riflettenti sono comuni tra le piante ornamentali e spesso sono indicati come varietà aurea o cinerea. Mutanti simili possono essere selezionati anche tra le varietà coltivate in agricoltura soprattutto se questi ultimi consentono di mantenere la produttività quali quantitativa dei genotipi originari.

Gli studi hanno evidenziato che piante ad alta riflettività assorbono meno energia e pertanto riducono contemporaneamente la traspirazione, i consumi idrici e la temperatura dell'aria e della superficie vegetata. Una superficie più fredda emette minori quantità di radiazione infrarossa e riduce pertanto la quota di energia termica intrappolata dai gas ad effetto serra che origina i cambiamenti climatici globali.

Parcelle sperimentali con varietà di soia ad alta riflettività (Minngold) e di controllo (Eiko) presso Az. Agricola Sperimentale A. Servadei dell'Università di Udine.

IL POTENZIALE PER LA MITIGAZIONE

Gli esperimenti condotti su una varietà di soia a basso contenuto di clorofilla (varietà Minngold) in parcelle e campo coltivato hanno evidenziato una significativa riduzione media della forzante radiativa di 4.1 ± 0.4 W/m^2 durante il ciclo culturale e di 1 ± 0.1 W/m^2 su base annua.

L'impiego di varietà ad alta riflettività sull'intera superficie coltivata a soia il FVG nel 2020 (55 kha) produrrebbe un potenziale di mitigazione pari a -1.5 Mt CO_2eq pari al 18-20% delle emissioni connesse ai consumi di energia dell'intera regione.

Utilizzando Minngold sull'intera superficie del pianeta coltivata a soia il potenziale di mitigazione risulta essere pari a 4.4 Gt CO_2eq che corrisponde al 85% delle emissioni globali del settore agricolo e dello stesso ordine di grandezza del potenziale di mitigazione annuo della gestione agricola per l'accumulo di carbonio dei suoli (-6.8 Gt CO_2 eq).

Campi sperimentali coltivati con soia ad alta riflettività (minngold) e di controllo (Elko) presso l'azienda Agricola De Eccher ad Ariis (UD). Immagine tratta da Google Earth Pro

I VANTAGGI PER L'ADATTAMENTO

La varietà di soia a basso contento di clorofilla ha inoltre traspirato 12 ± 3% meno acqua del controllo consentendo pertanto una riduzione dei consumi idrici e/o una maggiore resilienza a periodi di siccità prolungata. Nonostante il tasso di fotosintesi misurato a livello fogliare sia risultato uguale rispetto a tre varietà commerciali la varietà a basso contenuto di clorofilla Minngold risulta mediamente ancora meno produttiva (-20%) rispetto alle varietà commerciali.

Ulteriori attività di miglioramento genetico potrebbero tuttavia contribuire a ridurre tali differenze. Il minore contenuto di clorofilla delle foglie di Mingold consente infatti una migliore distribuzione della luce nella copertura vegetale ed una migliore illuminazione degli strati più profondi della copertura vegetale.

Parcelle coltivate con varietà di soia ad alta riflettività (Minngold) a sinistra e di controllo a destra (Eiko) presso l'azienda agricola sperimentale dell'Università di Udine.

Immagine concessa con licenza CC 4L Genesio et al 2020 Environ. Res. Lett. 15 074014 DOI 10.1088/1748-9326/ab865e.

PROSPETTIVE FUTURE

I promettenti risultati di mitigazione ed adattamento ottenuti mediante lo "schiarimento" *(Surface brightening)* delle superfici coltivate continuano a motivare lo studio di mutanti ad alta riflettività di altre specie coltivate: l'orzo tra le piante erbacee e la robinia tra le piante arboree.

Alessandro Peressotti,
Gemini Delle Vedove,
Giorgio Alberti
Università degli Studi di Udine

.

SICCITÀ E ONDATE DI CALORE: DAI RISCHI ALLE OPPORTUNITÀ PER UNA FILIERA AGROALIMENTARE PIÙ SOSTENIBILE

Siccità e ondate di calore mettono a rischio i raccolti, ma alcuni cambiamenti della produzione agricola possono offrire soluzioni che combinano adattamento ai cambiamenti climatici e sostenibilità, attraverso una transizione dalla produzione di proteine animali alle colture da proteina climaticamente resilienti. Su questi temi il Friuli Venezia Giulia è una regione all'avanguardia in Europa, ma c'è ancora molto da lavorare.

SICUREZZA ALIMENTARE E TRANSIZIONE PROTEICA

L'aumentata frequenza di ondate di calore e l'accentuarsi dei periodi di siccità, che nelle nostre zone sono tra le principali evidenze del cambiamento climatico in corso (come attestato sia dai reports dell'IPCC che dai dati locali), sta causando una progressiva diminuzione nelle rese delle colture agricole, con conseguenti effetti in termini di sicurezza alimentare, ed in particolare sulla produzione di proteine.

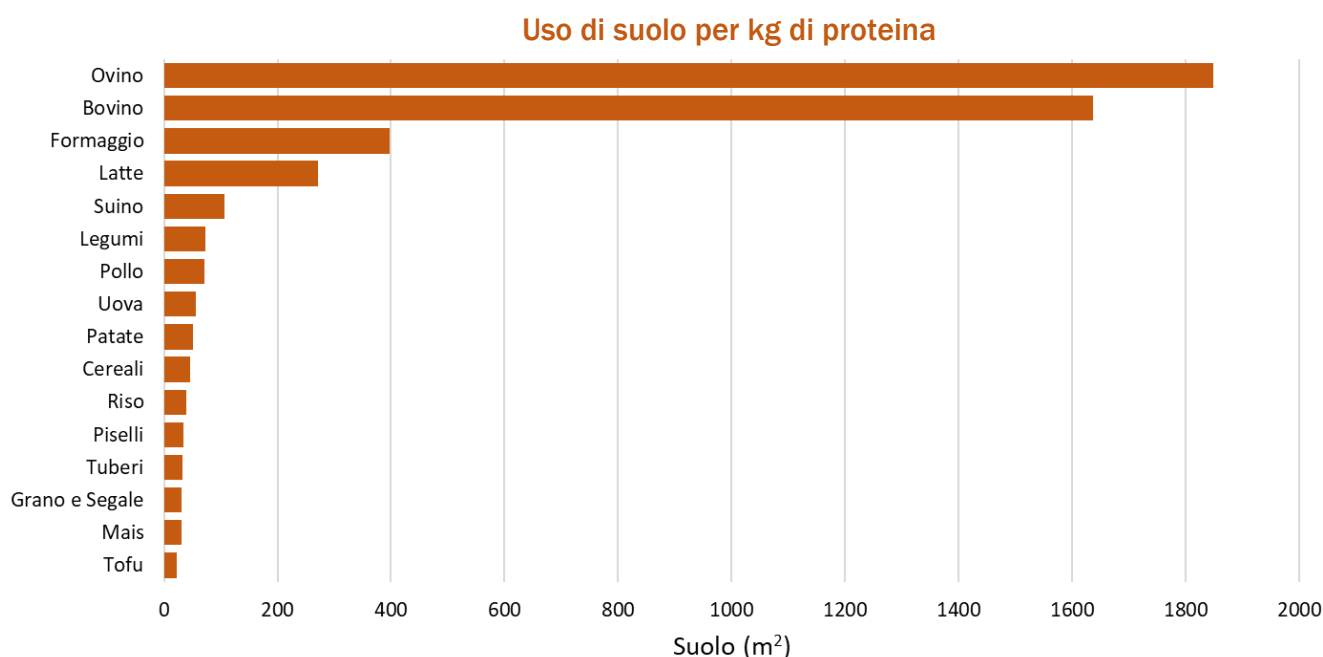
Le proteine sono essenziali per la dieta umana, ma il modo in cui al momento vengono prodotte e consumate presenta delle criticità in termini ambientali, economici e sociali. Questa problematica è attualmente riconosciuta a livello internazionale, tanto che con il programma della Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile siglata con l'Accordo di Parigi sul clima (COP21) del

COSA SI INTENDE PER "SICUREZZA ALIMENTARE"?

Per sicurezza alimentare si intende la "situazione in cui tutte le persone, in ogni momento, hanno accesso fisico, sociale ed economico ad alimenti sufficienti, sicuri e nutrienti che garantiscano le loro necessità e preferenze alimentari per condurre una vita attiva e sana." [Vertice Mondiale sull'Alimentazione - FAO – 1996]

2015, i paesi firmatari si sono impegnati a rinnovare il sistema alimentare attuale, anche a favore di fonti proteiche alternative.

Secondo quanto riportato dall'Istituto Mondiale delle Risorse (WRI), qualsiasi fonte proteica animale attualmente prodotta, comporta maggiori emissioni di CO_2, utilizzo di suolo, consumo di acqua, e dispendio di energia, rispetto alle fonti vegetali.

È quindi necessaria una transizione proteica, a partire dalla produzione primaria, tuttora finalizzata a soddisfare il fabbisogno alimentare animale, piuttosto che quello umano.

Stime di uso del suolo a livello globale per la produzione di proteine da varie fonti animali e vegetali (Poore e Nemecek 2018).

AGRICOLTURA IN FVG: COME SIAMO MESSI?

Anche in Friuli Venezia Giulia la produzione agricola è volta perlopiù alla filiera zootecnica. Stando a quanto riportato da ISTAT (dati aggiornati al 2021) le superfici agricole (SAU) a seminativi pari a 158.130 ettari, sono principalmente occupate da colture foraggere (29,9%), Mais (28,4%), Soia (24,7%) e altri cereali (13%). Scarsa invece la produzione di altre leguminose diverse da Soia quali Fagiolo, Pisello proteico, Cece e Lenticchia, che occupano una superficie totale di circa 1200 ettari, pari a 0,8% del totale.

Ciò nonostante, il FVG risulta essere una regione particolarmente virtuosa per la produzione di Soia, con una produzione pro capite di 66 kg, nettamente maggiore ai 17 kg di media italiana e 6 kg di media europea.

NUOVE COLTURE PER UNA AGRICOLTURA SOSTENIBILE

Il rinnovo della produzione agraria comporta la sostituzione del modello monocolturale classico a favore di pratiche di differenziazione colturale, integrando inoltre specie e varietà resilienti selezionate per il territorio. Con questo proposito, l'Università di Udine collabora come partner nel Progetto Europeo "Smart Protein" per selezionare le migliori varietà tra le colture proteiche di Cece, Favino, Lenticchia e Quinoa, anche per il FVG.

Da questi studi è risultato che il territorio regionale, sembra essere particolarmente adatto ad alcuni tipi di colture proteiche a basso impatto ambientale, in particolare Cece, Lenticchia e Quinoa.

Nonostante al momento non siano presenti, o scarsamente coltivate a livello territoriale, la performance di queste colture, in termini di ridotta richiesta irrigua ed elevata resa, anche durante la stagione siccitosa dell'estate 2022, ne ha confermato l'adeguatezza al contesto regionale.

Resa proteica di colture di Cece e Lenticchia coltivate sotto trattamento di irrigazione crescemte a Udine, durante la stagione estiva 2022.

Un risultato particolarmente incoraggiante riguarda il Cece.

Quest'ultimo ha ottenuto una resa proteica di oltre 430 kg per ettaro, equivalente a quella di 10 bovini adulti il cui uso del suolo è stimato mediamente a più di 7 ettari.

LO SAPEVI?

Molte fonti vegetali, tra cui Quinoa, Soia, Pisello, Cece e Lenticchia, contengono tutti gli amminoacidi essenziali di cui la dieta umana ha bisogno.

COSA FARE?

Dai risultati di uno studio condotto dagli stessi ricercatori dell'Università di Udine tramite interviste e questionari, è emersa la volontà di molti agricoltori friulani a ricercare colture alternative, mossi soprattutto dall'evidente aumento di temperatura estiva congiunto alla minore disponibilità idrica per l'irrigazione.

Stando a quanto riportato dagli agricoltori che al momento coltivano Cece o Lenticchia, le problematiche sono di due tipi. In primo luogo, la scarsa conoscenza delle varietà adatte al contesto regionale e delle tecniche di coltivazione spe-

cifiche per queste colture. Questo aspetto ha influito negativamente sulla resa e sul possibile profitto che l'imprenditore ne trae.

Sono quindi necessarie prove varietali finalizzate alla valutazione della performance di queste colture nei diversi contesti del territorio regionale.

La problematica maggiore riportata, tuttavia, consiste nella difficoltà sperimentata a vendere i propri prodotti. Nel contesto regionale, infatti, non è tuttora presente una adeguata filiera che metta in relazione le imprese volte alla produzione, trasformazione, distribuzione, commercializzazione di questi prodotti. Affinché avvenga la transizione agricola è necessario lavorare allo sviluppo del mercato di questi prodotti, mettendo in comunicazione tutti gli attori della filiera.

Daniel Marusig, Gemini Delle Vedove
Università degli Studi di Udine

Coltivazione di lenticchia

AGIRE PER IL CLIMA

Foto:
Elisabetta Bernich

L'AZIONE PER IL CLIMA NELLA REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA

Nella nostra regione "agire per il clima" è particolarmente importante. Diverse sono le iniziative che l'Amministrazione regionale e altri soggetti del territorio stanno mettendo in campo per alimentare politiche e azioni di mitigazione e adattamento, coerenti con gli obiettivi di sviluppo sostenibile per il FVG

La regione mediterranea è considerata uno degli "hot spot" del cambiamento climatico, con un riscaldamento che supera del 20% l'incremento medio globale e una rilevante riduzione delle precipitazioni, in particolare nella stagione estiva.

Gli effetti dei cambiamenti sono particolarmente accentuati anche in tutta la regione alpina.

Il Friuli Venezia Giulia per la sua collocazione geografica appartiene a entrambe queste aree particolarmente vulnerabili: nel nostro territorio le politiche e le azioni per il clima – sia di mitigazione che di adattamento - assumono quindi una particolare rilevanza e urgenza.

STRUMENTI PER AFFRONTARE LA CRISI CLIMATICA

Se le politiche e le azioni di mitigazione climatica sono indispensabili sia a livello globale sia locale, l'adattamento climatico comporta un portafoglio di misure e azioni che tengano conto in particolare delle vulnerabilità e specificità del territorio.

In Italia gli strumenti principali per affrontare la crisi climatica sono il *Piano nazionale integrato per l'energia e il clima* (PNIEC 2019), in fase di aggiornamento con i più ambiziosi obiettivi del pacchetto clima "Fit for 55%" e il neo-pubblicato *Piano nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici* (PNACC 2022).

Se le azioni del PNIEC sono concentrate principalmente sulla decarbonizzazione del settore energetico, il nuovo PNACC definisce un portafoglio di azioni di adattamento che riguardano i diversi sistemi naturali (biodiversità ed ecosistemi terrestri, marini, delle acque interne e di transizione; foreste) e settori socioeconomici, tra cui agricoltura e produzione alimentare, pesca e acquacoltura, salute, turismo ecc.

Tra le azioni previste dal PNACC, merita sottolineare le "soluzioni basate sulla natura" (*nature based solutions*): si tratta di azioni volte a proteggere, gestire in modo sostenibile e ripristinare gli ecosistemi naturali o modificati, la cui centralità è sottolineata anche dalla nuova *Strategia europea di adattamento ai cambiamenti climatici*.

VERDE URBANO E SOLUZIONI BASATE SULLA NATURA

Al fine di responsabilizzare le città, grandi e piccole, e il ruolo chiave che svolgono nell'adattamento climatico locale, nel 2021 e 2022, sono stati pubblicati due bandi regionali sul verde urbano che hanno finanziato interventi fino a 200.000 euro, destinati ai Comuni che si impegnano a contrastare eventi alluvionali estremi, ondate di calore, inquinamento, perdita di habitat e di biodiversità, oltre al consumo, degrado e artificializzazione del suolo.

Sono molte le soluzioni basate sulla natura a livello urbano di cui esiste un ampio database di azioni già operative a livello europeo, riportate dalla piattaforma *Urban Nature Atlas*. Sono soluzioni, spesso a basso costo, che invitano a ripensare la pianificazione urbanistica, dove ogni infrastruttura: strade, tetti e pensiline, aiuole spartitraffico, muri, linee ferroviarie e dei tram e molte altre, può accogliere una soluzione in grado di ridurre gli impatti degli eventi estremi in città.

In un seminario pubblico organizzato dalla Regione l'11 maggio 2022 e rivolto ai Comuni, sono state illustrate le opportunità di adattamento climatico derivanti dalle soluzioni basate sulla natura e il successo del *Progetto LIFE Be-Ware* del Comune di Santorso, in Veneto, nell'adozione di misure di ritenzione idrica naturale in città.

Foto: Elisabetta Bernich

L'IMPEGNO DELLA REGIONE

La Regione, coordinatrice territoriale dell'azione europea Patto dei Sindaci, si è anche impegnata a finanziare interamente i *Piani di azione per l'energia sostenibile e il clima* (PAESC) che contengono anche le misure di adattamento. Tale iniziativa ha raccolto l'adesione di circa un terzo dei Comuni regionali, impegnati a realizzare il PAESC.

La Regione è stata anche capofila del progetto SECAP (Interreg Italia-Slovenia) che, tra le diverse azioni previste, ha supportato ad esempio la redazione del PAESC del Comune di Trieste, che è stato sviluppato con modalità innovative grazie alla collaborazione con l'Università di Trieste e con AREA Science Park .

Nell'ambito delle proprie attività di pianificazione territoriale e settoriale, la Regione sta via via integrando, in modo sempre più approfondito e strutturato, le conoscenze e le progettualità inerenti all'azione per il clima: ne sono esempi il nuovo *Piano regionale della Prevenzione 2021 – 2025*, che tra i suoi macro-obiettivi include "Ambiente, salute e clima", e il processo avviato per la revisione del *Piano di Governo del Territorio*, che, con il supporto delle Università di Trieste e di Udine e dello IUAV, pone tra i pilastri della pianificazione territoriale l'adattamento ai cambiamenti climatici e la tutela e promozione dei servizi ecosistemici.

Per prepararsi al percorso necessario di adattamento locale, la Regione Friuli Venezia Giulia ha inoltre intrapreso due percorsi di governance aderendo a:

- Il Progetto CReIAMO PA – Linea di intervento 5 del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza energetica.
- La Missione "*Adattamento ai cambiamenti climatici*" promossa dalla Commissione europea.

Questi percorsi contribuiranno a sviluppare la Strategia e il Piano regionale di mitigazione e di adattamento ai cambiamenti climatici, previsti dalla Legge regionale "FVG Green" (L.R. 4/2023) approvata dal Consiglio regionale a febbraio 2023, che affiancheranno e si integreranno con la Strategia Regionale di Sviluppo Sostenibile, anch'essa approvata a febbraio 2023.

L'intenzione è quella di sancire l'impegno e l'ambizione della Regione a realizzare la transizione ecologica facendo propri gli obiettivi nazionali, europei e internazionali in materia di sviluppo sostenibile e di cambiamenti climatici.

La Legge regionale "FVG Green" mette a sistema diverse iniziative già intraprese dalla Regione anche sul fronte della mitigazione, tra cui il Progetto Nipoti con cui persegue l'ambizioso obiettivo di

CReIAMO PA – L5

Focus: "*Rafforzamento della capacità amministrativa per l'adattamento ai cambiamenti climatici*" con cui si delineano, insieme ad altre Regioni, metodologie per individuare a livello locale:

- Impatti
- Vulnerabilità
- Priorità territoriali

Scopo: adottare metodologie armonizzate con altre Regioni nella pianificazione dell'adattamento a scala regionale.

Missione Adattamento ai cambiamenti climatici

Scopo: condividere conoscenze, metodologie e buone pratiche con altre Regioni ed enti locali, in merito alla valutazione dei rischi e le misure di adattamento.

Strategia e Piano regionale di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici

conseguire la neutralità climatica in anticipo rispetto alla scadenza del 2050 fissata dall'Unione Europea, raggiungendo il traguardo delle emissioni nette pari a zero nel 2045.

IL RUOLO DELLA COMUNITÀ

Di fronte alle sfide che i cambiamenti climatici pongono a tutta la comunità, il ruolo delle regioni e degli enti locali, per il loro legame con il territorio e le comunità residenti è quindi fondamentale.

Il concetto di "governance multilivello" è ritenuto essenziale per il processo di integrazione degli obiettivi e delle azioni tracciate dalle strategie e dai piani nazionali, negli strumenti di pianificazione e di programmazione territoriali e settoriali, nonché per favorire il passaggio dalla formulazione di politiche a livello nazionale, al compimento di azioni concrete sul territorio.

Silvia Stefanelli
REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA

SOLUZIONI BASATE SULLA NATURA

Le *Nature based Solutions* sono una serie di azioni ispirate, supportate o letteralmente copiate dalla natura. Si tratta di un concetto relativamente recente utilizzato dalla Commissione Europea per identificare strategie, azioni, interventi, basati sulla natura che forniscono servizi ambientali e vantaggi socioeconomici capaci, qualora svolti in contesto urbano, di aumentare la resilienza delle città.

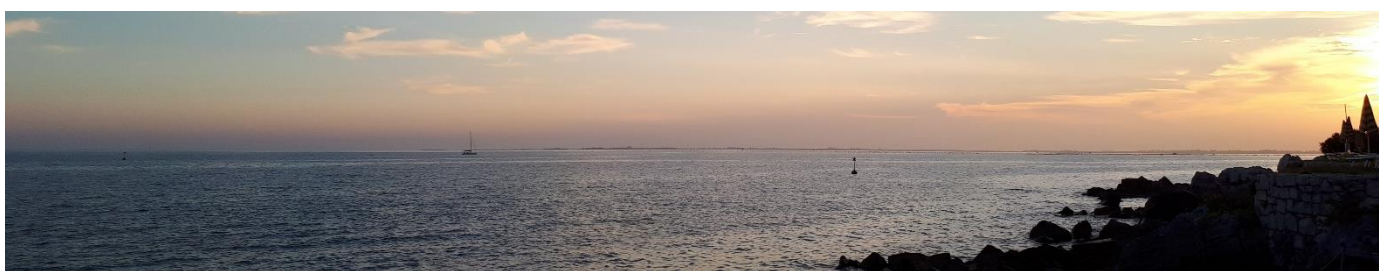
UNO STRUMENTO, MOLTI OBIETTIVI

Sono soluzioni che comportano molteplici vantaggi per la salute, l'economia, la società e l'ambiente, e quindi possono rappresentare soluzioni più efficienti ed economiche rispetto ad approcci tradizionali, a patto che siano adatte rispetto ai territori di loro realizzazione.

Consistono nell'aumento, miglioramento e valorizzazione di aree verdi, al fine di generare una serie di benefici e servizi ecosistemici quali, per esempio:

- miglioramento della qualità dell'aria (intercettando polveri ed altri inquinanti atmosferici),
- regolazione del microclima urbano,
- contenimento dell'isola di calore in città,
- regolazione dei flussi idrici meteorici,
- fornitura di opportunità di svago/ricreazione,
- miglioramento della qualità della vita,
- conservazione della biodiversità,
- assorbimento di gas climalteranti.

Foto: Ester Curci

PROGETTI EUROPEI PER LA MITIGAZIONE E L'ADATTAMENTO: SECAP E ADRIACLIM

In Friuli Venezia Giulia molte iniziative volte a promuovere e supportare la mitigazione e all'adattamento ai cambiamenti climatici sono state sviluppate nell'ambito di progetti finanziati dall'Unione Europea.

Tra questi, alcuni hanno visto coinvolti la Regione e altri enti pubblici e tecnico-scientifici che operano nel territorio regionale. Ne segnaliamo due che hanno sviluppato attività nel 2022: SECAP e AdriaClim.

IL PROGETTO SECAP

A fine aprile 2022 si è concluso SECAP, progetto Interreg Italia-Slovenia che ha avuto come partner capofila la Regione autonoma Friuli Venezia Giulia e come partner di progetto, oltre ad altri, l'Università di Trieste e Area Science PARK.

L'obiettivo complessivo di SECAP era incentivare lo sviluppo sostenibile del territorio transfrontaliero, promuovendo strategie per basse emissioni di carbonio per tutti i tipi di territorio, in particolare le aree urbane. Come? Offrendo un supporto pratico ai Comuni dell'area partner per l'implementazione di politiche energetiche sostenibili e di adattamento climatico.

Il progetto ha quindi portato alla condivisione transfrontaliera di strumenti, metodologie e banche dati, generando ricadute positive sulla pianificazione locale di tutta l'area programma. La transizione verso una società a basse emissioni di carbonio ha trovato attuazione in interventi infrastrutturali da parte di alcuni partner e nell'evoluzione dei PAES in PAESC per alcuni Comuni/UTI/Città metropolitane. Si sono promossi i modelli di sviluppo sostenibile del Patto dei Sindaci con miglioramento della qualità di vita e della resilienza ai cambiamenti climatici.

IL PROGETTO ADRIACLIM

AdriaClim è un progetto INTERREG Italia – Croazia, avviato nel 2020 con l'obiettivo di promuovere e supportare lo sviluppo di piani di adattamento ai cambiamenti climatici nelle aree costiere del mare Adriatico, fornendo solide conoscenze scientifiche.

Il progetto si concluderà a giugno 2023.

In AdriaClim, ARPA FVG è responsabile di azioni progettuali focalizzate sull'area pilota rappresentata dalla fascia costiera e lagunare del Friuli Venezia Giulia.

Nell'ambito delle attività tecnico-scientifiche del progetto, l'Agenzia sta perfezionando un modello oceanografico ad alta definizione per simulare lo stato, passato e futuro, del Golfo di Trieste e, novità in questo campo, della Laguna di Marano-Grado. La simulazione interessa le caratteristiche fisiche del mare e della laguna: le correnti, la temperatura, la salinità e il livello marino.

Nell'ambito delle attività di supporto all'adattamento locale, che si ricollegano a quelle tecnico-scientifiche, ARPA FVG può contribuire a migliorare le conoscenze sugli effetti dei cambiamenti climatici in determinati contesti e a sviluppare alcuni segmenti di lavoro (ad esempio la ricognizione degli impatti in alcuni settori come gli ecosistemi e i beni culturali), mettendoli a disposizione delle pubbliche amministrazioni e dei portatori di interesse locali per affrontare più efficacemente le minacce dei cambiamenti climatici nelle aree costiere e lagunari del FVG.

Silvia Stefanelli – REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA
Federica Flapp - ARPA FVG

.

Foto: Ester Curci

IL PATTO DEI SINDACI E I PAESC

In Friuli Venezia Giulia più di 70 Comuni hanno aderito finora al Patto dei Sindaci, nelle sue diverse forme, e si trovano a vari stadi di attuazione dell'iniziativa.

La maggior parte dei Comuni, avendo aderito alla prima versione del Patto, avevano sottoscritto il PAES - Piano di Azione per l'Energia Sostenibile, incentrato sulla mitigazione dei cambiamenti climatici attraverso la riduzione delle emissioni climalteranti. Con l'evoluzione successiva dell'iniziativa, che ora include anche l'adattamento, i firmatari più recenti hanno formulato direttamente un PAESC - Piano di Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima e diversi Comuni hanno effettuato o stanno operando la transizione da PAES a PAESC.

Per la mappa aggiornata dei Comuni firmatari si può consultare il sito Covenant of Mayors Europe https://eu-mayors.ec.europa.eu/en/home

Federica Flapp
ARPA FVG

COS'È IL PATTO DEI SINDACI? COSA SONO I PAESC?

Ce lo spiega in modo chiaro e sintetico ISPRA: "Il Patto dei Sindaci (Covenant of Mayors) è un'iniziativa della Commissione Europea lanciata nel 2008 per riunire in una rete permanente le città che intendono avviare un insieme coordinato di iniziative per la lotta ai cambiamenti climatici.

Gli obiettivi ed il campo di azione dell'iniziativa si sono progressivamente estesi nel corso del tempo. Nel 2015, dopo la fusione con l'iniziativa gemella Mayors Adapt, ha avuto avvio il nuovo Patto dei Sindaci per il Clima & l'Energia, agli obiettivi di mitigazione si sono aggiunti quelli nell'ambito dell'adattamento ai cambiamenti climatici. Nel 2016, l'iniziativa europea si è unita al Compact of Mayors, dando vita al Patto Globale dei Sindaci per il Clima & l'Energia, il più grande movimento di enti locali impegnati sul cambiamento climatico. Ad oggi il Patto riunisce circa 10.000 aderenti, provenienti da 60 Paesi, coinvolgendo più di 300 milioni di persone.

I firmatari del Patto assumono l'impegno di raggiungere e superare gli obiettivi dei propri Paesi su clima ed energia (per l'Europa la riduzione delle emissioni di gas serra di almeno il 40% entro il 2030), adottando un approccio integrato per la mitigazione e l'adattamento al cambiamento climatico.

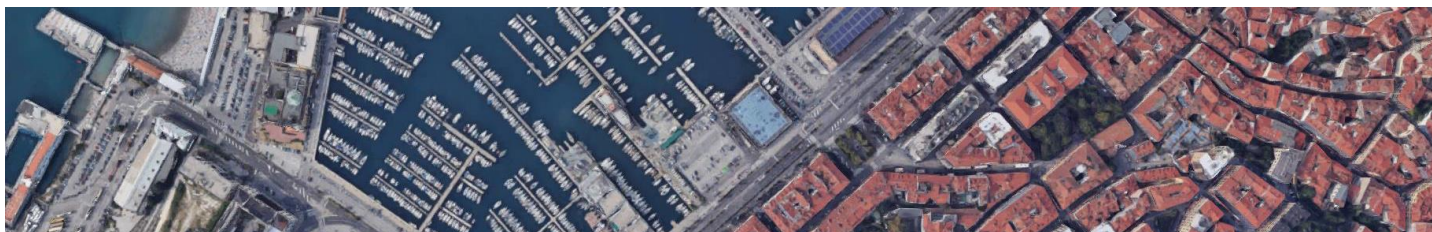
I PAESC - PIANI DI AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE E IL CLIMA

I firmatari devono approvare, entro due anni dalla deliberazione del Consiglio Comunale, un Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima (PAESC - ovvero SECAP secondo l'acronimo inglese, n.d.r.), contenente l'insieme coordinato di azioni che intendono porre in atto.

La progettazione delle azioni deve essere basata per la parte mitigazione su un inventario base delle emissioni (IBE) che permetta di calcolare le emissioni del territorio comunale nell'anno di riferimento (baseline) e per la parte adattamento su una valutazione dei rischi e delle vulnerabilità indotti dal cambiamento climatico."

Fonte: http://bogelso.sinanet.isprambiente.it/temi/cambiamenti-climatici/il-patto-dei-sindaci-per-il-clima-e-lenergia

GLI EFFETTI DEL CLIMA SUL CONSUMO ENERGETICO DEGLI EDIFICI

Il cambiamento climatico impatterà notevolmente sul consumo energetico negli edifici. L'andamento crescente delle temperature, se da un lato riduce il consumo energetico per il riscaldamento, dall'altro aumenta i consumi per la climatizzazione estiva. Per una progettazione efficace degli edifici dovremo quindi tener conto dei dati delle proiezioni climatiche per il futuro

I dati climatici sono la base per i calcoli termotecnici su cui si basa la progettazione degli edifici, che sono sistemi complessi composti da diversi elementi quali l'involucro e gli impianti di riscaldamento e raffrescamento: sono questi che ci consentono di mantenere al loro interno condizioni adeguate alla nostra salute e al nostro confort.

A loro volta, gli edifici influenzano l'ambiente esterno e il clima in quanto generano consumo di suolo, di risorse naturali e di energia ed emissioni di gas inquinanti e climalteranti.

PROGETTARE CON I DATI DEL CLIMA FUTURO

Un aspetto non ancora affrontato dalla normativa tecnica di riferimento in ambito italiano (UNI 10349), ma che risulta di notevole interesse per gli aspetti relativi al clima, è la valutazione di un possibile effetto del cambiamento climatico sulle prestazioni di edifici ed impianti. Infatti, attualmente i dati climatici a disposizione dei tecnici derivano dalla rielaborazione di misure effettuate nel passato e in molti casi in periodi ormai piuttosto lontani nel tempo. I report globali dell'IPCC e lo studio conoscitivo realizzato per il Friuli Venezia Giulia nel 2018 evidenziano però come le temperature siano aumentate, con un'accelerazione negli ultimi decenni, e come aumenteranno ulteriormente in futuro, in modo più o meno marcato a seconda dei diversi scenari di emissione dei gas climalteranti.

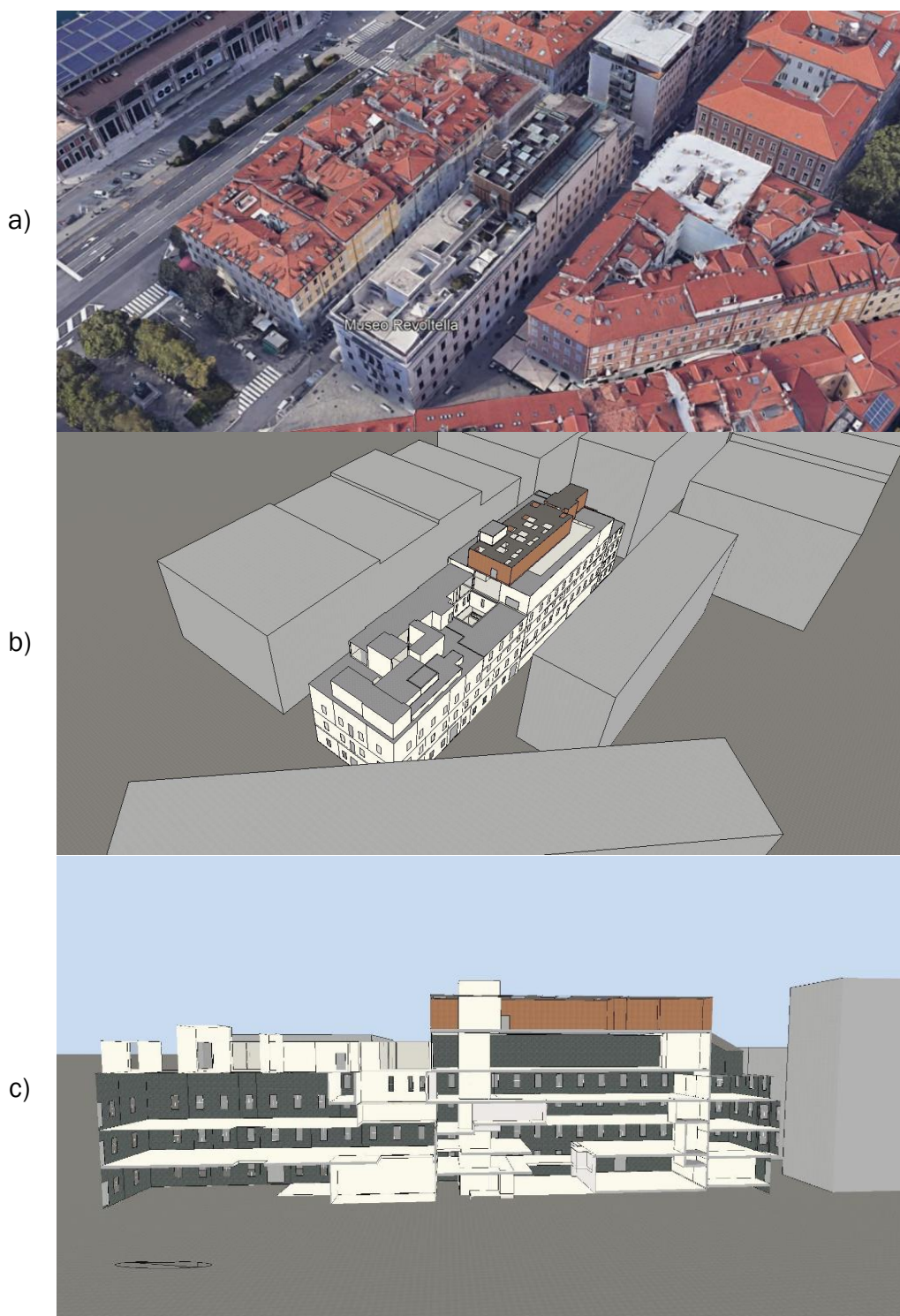
Dovremmo quindi entrare nell'ordine di idee di progettare edifici e impianti utilizzando le simulazioni del clima futuro, ottenute dalla combinazione di diversi modelli climatici, che ci forniscono dati per poter ipotizzare un possibile andamento delle variabili climatiche di interesse nei prossimi decenni.

Un interessante esempio di come si possa procedere in questa direzione è l'analisi relativa a un noto edificio storico di Trieste, effettuata nell'ambito di un recente progetto europeo dall'Università di Trieste.

AUDIT ENERGETICO DELL'EDIFICIO DEL MUSEO REVOLTELLA

Nell'ambito del progetto Interreg Itala-Slovenia SECAP è stato realizzato un Audit energetico dell'edificio sede del museo Revoltella, situato sulle rive in prossimità del mare e realizzato nel 1858.

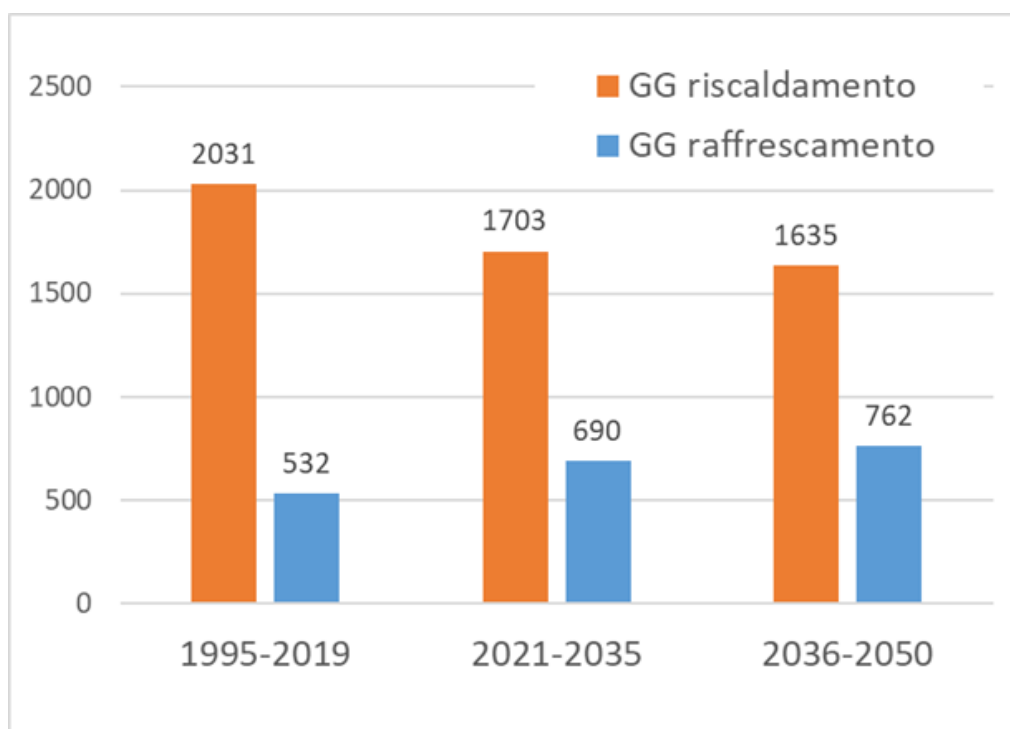
A tale scopo è stato realizzato un modello, riportato in figura, per condurre simulazioni dinamiche del sistema edificio-impianto con diversi dati climatici.

Il modello del Museo Revoltella

Modello dell'edificio a) posizionamento reale b) modello con edifici circostanti, c) Sezione dell'edificio con suddivisione dei piani

I DATI CLIMATICI

Per l'analisi sono stati generati dati climatici medi relativi al periodo 1995-2019 utilizzando i da-ti ARPA della stazione molo F.lli Bandiera di Trieste. Il file climatico è stato successivamente proiettato nel futuro (2021-2035 e 2036-2050) per tener conto dei cambiamenti climatici, prendendo in considerazione lo scenario più pessimistico ossia quello che prevede che le emissioni di gas climalteranti continuino ad aumentare.

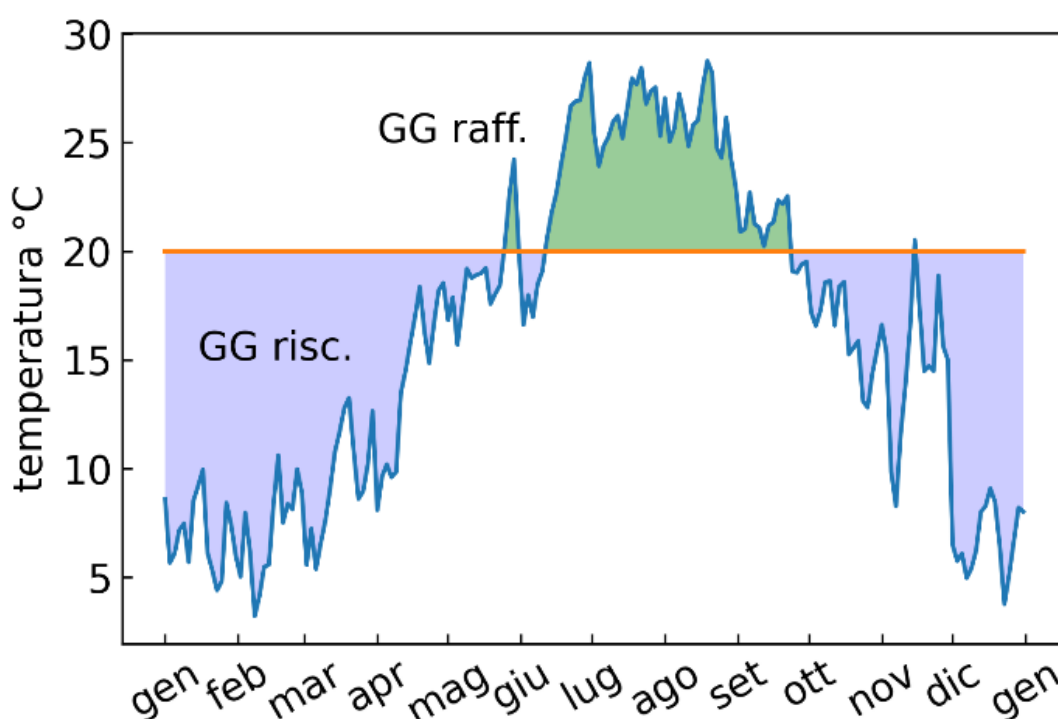
Il grafico in figura riporta i gradi giorno per riscaldamento e per raffrescamento con temperatura base di 20 °C: si può notare nei prossimi decenni una diminuzione dei gradi giorno per riscaldamento ed un aumento per quelli di raffrescamento.

Gradi giorno per riscaldamento e raffrescamento

L'EFFETTO DEL CAMBIAMENTO DEL CLIMA SUI CONSUMI ENERGETICI

La tabella riporta il consumo e la variazione relativa rispetto alla situazione attuale. Si nota immediatamente la riduzione del consumo di gas per riscaldamento e l'aumento della quantità di energia elettrica richiesta per il raffrescamento dell'edificio.

TRY	Consumo gas [m³]	Consumo elettricità [kWh]	Var. Gas [%]	Var. Ele. [%]
1995-2019	52931	289193	\	\
2021-2035	43961	318398	-16.95	10.10
2036-2050	42654	325025	-19.42	12.39

I GRADI GIORNO

I gradi giorno (GG) sono un indicatore climatico sintetico utilizzato per la progettazione termotecnica degli edifici: si calcolano come somma delle differenze di temperatura tra quella esterna e una temperatura interna di riferimento. Maggiore è il valore dei gradi giorno per riscaldamento, maggiore sarò il consumo per riscaldamento; analogamente, maggiore è il valore dei gradi giorno di raffrescamento, più costerà raffrescare un edificio. In Figura i GG di riscaldamento e di raffrescamento, rispetto ad una temperatura di 20 °C, sono proporzionali alle aree colorate.

Rappresentazione grafica dei gradi giorno per il riscaldamento e per il raffrescamento nell'arco di un anno tipo.

Marco Manzan, Amedeo Pezzi
Università degli Studi di Trieste

SOSTENIBILITÀ E CLIMA: MISURARE LA NOSTRA "IMPRONTA" PER AGIRE CONSAPEVOLMENTE

Affrontare un percorso verso la sostenibilità significa essere capaci di quantificare i propri impatti sull'ambiente e i propri progressi. Le "impronte" sono tra gli strumenti più utilizzati per questo scopo, sia a livello individuale che per i prodotti e le organizzazioni. Oggi sono disponibili diversi metodi per calcolare vari tipi di impronte: se l'obiettivo specifico è ridurre l'impatto sul clima, il calcolo dell'impronta di carbonio può orientare la scelta delle azioni più efficaci.

Abbattere le emissioni climalteranti e realizzare la piena transizione energetica sono scelte obbligate e strategiche per garantire la prosperità del Paese.

Tali scelte sono necessarie per "porre le basi per la creazione di un nuovo modello economico, circolare, che garantisca il pieno sviluppo del potenziale umano e un più efficiente e responsabile uso delle risorse". Si tratta di un modello ambientalmente, economicamente e socialmente sostenibile nel tempo, che garantisce la fruibilità delle risorse del Pianeta alle prossime generazioni: una strada tracciata dalla Strategia Nazionale di Sviluppo Sostenibile.

LA SOSTENIBILITÀ: DALLE STRATEGIE ALLA QUOTIDIANITÀ

La Strategia Nazionale di Sviluppo Sostenibile (SNSvS), attualmente in fase finale di revisione, individua una serie di Scelte Strategiche e di Obiettivi Strategici collegati ad esse. Tali Obiettivi, nel caso dell'abbattimento delle emissioni climalteranti, consistono sostanzialmente nella produzione di energia da fonti rinnovabili, nella riduzione dei consumi e nell'utilizzo più efficiente dell'energia.

Pur nascendo dall'esigenza di assicurare alle generazioni future la possibilità di soddisfare i loro bisogni, le strategie di sviluppo sostenibile, nazionali e internazionali, riguardano livelli pianificatori e gestioni di sistemi che potrebbero essere sentiti distanti dalla vita di ogni singola persona. Tradotto in Goal, Target, Scelte e Obiettivi nelle strategie, il concetto di sostenibilità rischia di perdere il contatto con il quotidiano.

Per richiamare l'impegno di ognuno di noi su questo percorso abbiamo bisogno di poter misurare gli impatti economici, ambientali e sociali delle nostre azioni.

È vero che un'auto elettrica fa bene all'ambiente? Quanta CO_2 risparmio andando a scuola o al lavoro in bicicletta o con il treno? Quanti rifiuti produco in un giorno?

Misurare gli effetti delle nostre azioni è una delle sfide più interessanti che ci vengono proposte, e l'unica maniera per orientare il singolo cittadino a scelte di consumo, di comportamento e, in generale, di vita, consapevolmente responsabili.

In sostanza, per concretizzare la sostenibilità è necessario misurarla.

LE IMPRONTE COME STRUMENTI DI MISURA DELLA SOSTENIBILITÀ

La sostenibilità è una questione che coinvolge gli aspetti sociali, ambientali ed economici. Basta questa caratteristica a farci capire che misurare la sostenibilità non è propriamente banale, anche a causa delle molteplici interrelazioni tra questi 3 fondamentali pilastri. Ad ogni modo è possibile ridurre la complessità scegliendo uno degli strumenti disponibili ideati proprio per questo fine.

La vetrina degli strumenti per la quantificazione della sostenibilità è molto variegata. Quelli più noti sono probabilmente le "impronte".

In termini generali le impronte nascono con l'intento di stimare l'impatto che un prodotto o un servizio o una comunità possono avere su una o più componenti ambientali durante tutto il loro ciclo di vita. La prima ad essere entrata nell'uso comune, e quindi forse la più nota, è l'impronta ecologica.

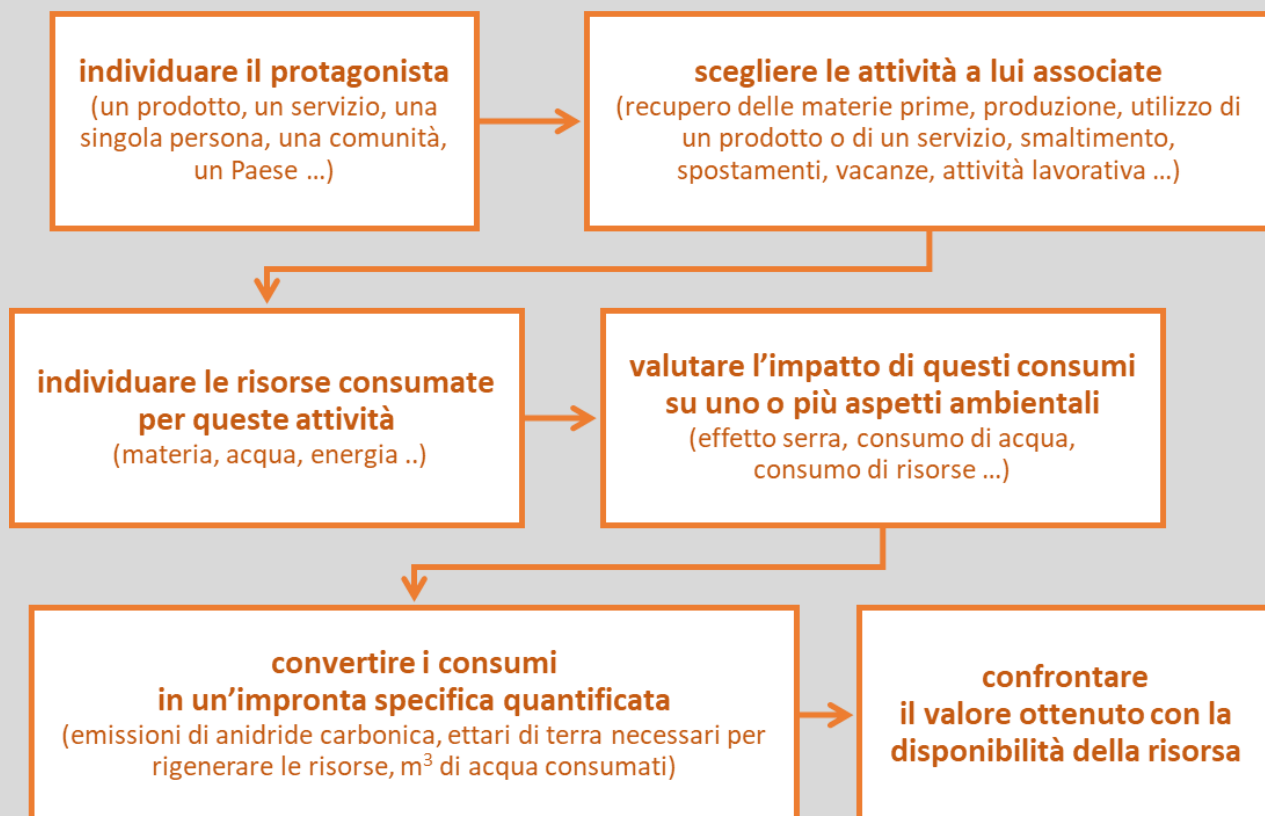
L'IMPRONTA ECOLOGICA

È stata ideata nel 1990 da Mathis Wackernagel e William Rees dell'Università della British Columbia per mettere a confronto le risorse consumate dall'uomo con la capacità della Terra di generarle.

Tale capacità viene espressa come superficie di terreno necessaria a produrre le risorse consumate. I calcoli dell'impronta ecologica del Global Footprint Network documentano che attualmente l'umanità sfrutta il nostro pianeta in eccesso per almeno il 75%, il che equivale ad utilizzare circa 1,75 pianeti Terra.

Per saperne di più: https://www.footprintnetwork.org/

Esistono altri tipi di impronte oltre a quella ecologica, ma il principio alla base del calcolo è simile, come illustrato nello schema seguente.

Il percorso per calcolare l'impronta

L'IMPRONTA DI CARBONIO

Abbiamo detto che a seconda dell'aspetto ambientale considerato si distinguono diversi tipi di impronte. L'impronta di carbonio (*carbon footprint*) è quella che mira a quantificare l'emissione di gas serra (Green House Gases - GHG).

È uno strumento che può essere utilizzato in forma semplificata a livello personale o in modo molto più strutturato per quantificare l'impronta di prodotti o servizi, così come di intere organizzazioni come enti pubblici e imprese.

PER CALCOLARE L'IMPRONTA PERSONALE

La nostra individuale *impronta ecologica* (espressa come ettari globali necessari a produrre tutto ciò che consumiamo) e la nostra personale *impronta di carbonio* (espressa in tonnellate di CO_2 all'anno) possono essere quantificate utilizzando vari "calcolatori di impronta" disponibili online.

Uno strumento ben strutturato e di facile utilizzo è quello proposto dal Global Footprint Network, disponibile anche in italiano, che consente di calcolare sia la propria impronta ecologica che la propria "*carbon footprint*", attraverso alcune domande sul nostro stile di vita (abitazione, alimentazione, trasporti...) a cui si può scegliere di rispondere a diversi livelli di approfondimento e dettaglio:

https://www.footprintcalculator.org/it

Per il calcolo standardizzato della *carbon footprint* di prodotti e organizzazioni esiste un ampio quadro di standard ISO della famiglia 14060. Per un'organizzazione oltre all'ISO 14064-1 esiste anche lo standard internazionale emesso dal WRI/WBCSD (GHG Protocol).

Nel calcolo dell'impronta di carbonio devono essere considerate le emissioni di tutti i gas ad effetto serra (GHG) emessi dall'attività considerata. Questi vengono convertiti in anidride carbonica equivalente (CO_2 eq) attraverso dei coefficienti (Fattori di Emissione) che vengono stabiliti a livello mondiale dall'IPCC (l'Intergovernmental Panel on Climate Change, organismo che opera sotto l'egida delle Nazioni Unite), oppure a livello nazionale da organismi come ENEA, ISPRA etc.

Il calcolo dell'impronta di carbonio di un prodotto tiene conto di tutte le fasi della filiera: si parte dall'estrazione delle materie prime, fino allo smaltimento dei rifiuti generati dal sistema stesso secondo l'approccio LCA, cioè del Life Cycle Assessment (o analisi del ciclo di vita).

Per il calcolo dell'impronta di carbonio di un'organizzazione vengono considerate le emissioni di GHG prodotte direttamente dall'organizzazione, quelle indirettamente generate nella produzione dell'energia elettrica e termica che l'organizzazione utilizza e le altre emissioni indirette non collegate ai consumi elettrici e termici (quest'ultimo aspetto è facoltativo). Queste ultime riguardano ad esempio i trasporti casa-lavoro dei dipendenti, il trasporto delle merci o dei rifiuti prodotti, i gas serra derivanti dalla produzione dei beni/servizi utilizzati e molto altro ancora.

Tali emissioni vengono quantificate (ad esempio in litri di gasolio o m^3 di metano consumati, oppure in tonnellate di carta utilizzata) e trasformate in CO_2 eq attraverso dei opportuni Fattori di Emissione rintracciabili nella letteratura tecnico-scientifica.

Prima di iniziare il calcolo dell'impronta di carbonio è particolarmente importante definire il motivo o i motivi per cui viene svolto il calcolo. I motivi per cui è stato fatto il calcolo dell'impronta di carbonio definiscono sia come viene calcolata, sia come utilizzare questa informazione.

Ad esempio si possono voler conoscere le emissioni di CO_2 eq per monitorare i progressi fatti nell'applicazione di un sistema di gestione ambientale, oppure per confrontare l'impatto sul clima di due prodotti analoghi, oppure ancora per valutare l'entità di misure di compensazione da adottare.

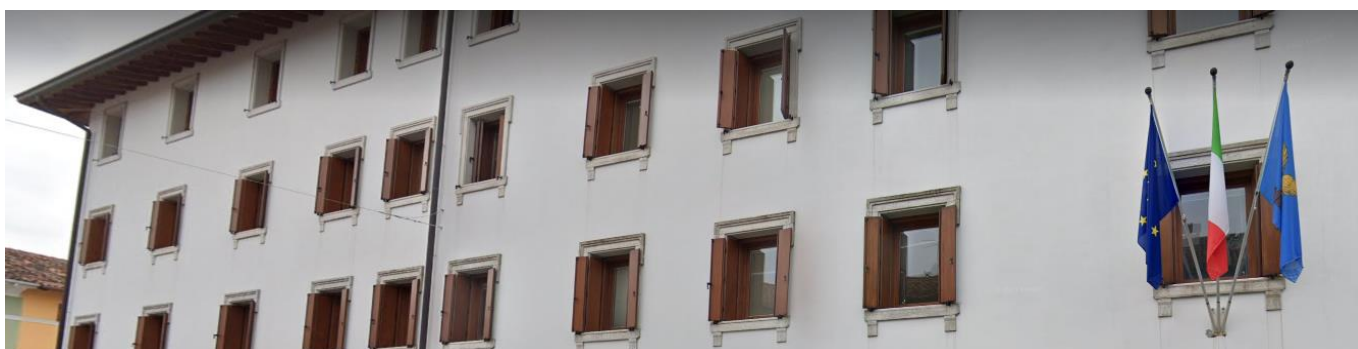
L'individuazione dei motivi per cui viene svolto il calcolo aiuta a definire i confini del sistema. I confini determinano quali attività devono essere incluse nel calcolo e qual è l'intervallo di tempo considerato: ciò serve per capire quali fonti di emissione includere nel conteggio della propria Impronta di Carbonio, per catalogarle e per prendere consapevolezza del livello di responsabilità rispetto alla loro potenziale riduzione.

Alla fine il calcolo dell'impronta di carbonio fornirà un valore di CO_2 eq emessa dal prodotto considerato, dal servizio o dall'organizzazione, entro i confini spaziali e temporali decisi, utilizzando un approccio coerente con l'analisi del ciclo di vita.

Francesca Bonemazzi,
Stefania Del Frate,
Federica Flapp

ARPA FVG

L'IMPRONTA DI CARBONIO DELLE ORGANIZZAZIONI: L'ATTIVITÀ DI ARPA FVG

ARPA FVG calcola annualmente l'impronta di carbonio della propria sede centrale con l'obiettivo di ridurre le proprie emissioni climalteranti attraverso azioni mirate. Inoltre promuove la diffusione di questo strumento nel territorio regionale accompagnando altre realtà pubbliche o private nel calcolo delle proprie emissioni di gas serra, quale punto di partenza per poterle ridurle.

Da alcuni anni ARPA FVG si è attivata per calcolare la propria impronta di carbonio e per promuovere l'uso di questo strumento presso le organizzazioni pubbliche e private del Friuli Venezia Giulia che intendano fare altrettanto, per prendere coscienza del proprio impatto sul clima e intraprendere azioni per ridurlo.

CALCOLO DELL'IMPRONTA DI CARBONIO DI ARPA FVG: LA PROGETTAZIONE

Arpa FVG effettua annualmente il calcolo della sua impronta di carbonio della propria sede centrale (Palmanova). Questa attività è nata dalla collaborazione sviluppata nel 2020-2022 con il Ministero della Transizione Ecologica e in particolare dall'adesione al progetto CReIAMO PA – linea di intervento 3 (L3WP2 *"Promozione di modelli di gestione ambientale ed energetica nelle pubbliche amministrazioni"*).

Si tratta di un tassello del più ampio obiettivo di misurare le proprie prestazioni ambientali e migliorarle nel tempo come prescrive la norma ISO 14001:2015, a cui l'Agenzia ha aderito già da diversi anni.

Il progetto CReIAMO PA ha permesso di familiarizzare con uno strumento chiamato "Bilan Carbone® Clim'Foot". Questo applicativo, sviluppato all'interno del progetto europeo Life "Clim'Foot", presenta al suo interno un nutrito elenco di fattori di emissione utili al calcolo della CO_2 eq proveniente dalle emissioni dirette ed indirette dell'organizzazione.

Lo scopo del calcolo dell'impronta di carbonio svolto da Arpa FVG è quello di ridurre nel tempo le emissioni di gas serra dell'Agenzia. Questo richiede di effettuare il calcolo annualmente (confini temporali) e di estendere il calcolo a tutte le attività dell'Agenzia (confini spaziali).

Per quanto riguarda i confini spaziali, l'Agenzia ha scelto di partire con il calcolo dell'impronta di carbonio delle attività legate alla sede centrale Arpa FVG di Palmanova. In seguito il calcolo verrà esteso anche ad altre sedi, almeno per alcuni aspetti. Per quanto riguarda i confini temporali, il primo anno di calcolo è stato il 2018, per poi proseguire annualmente.

LA RACCOLTA DEI DATI IN ARPA FVG

In termini operativi il calcolo è partito, come detto sopra, dall'edificio della sede centrale.

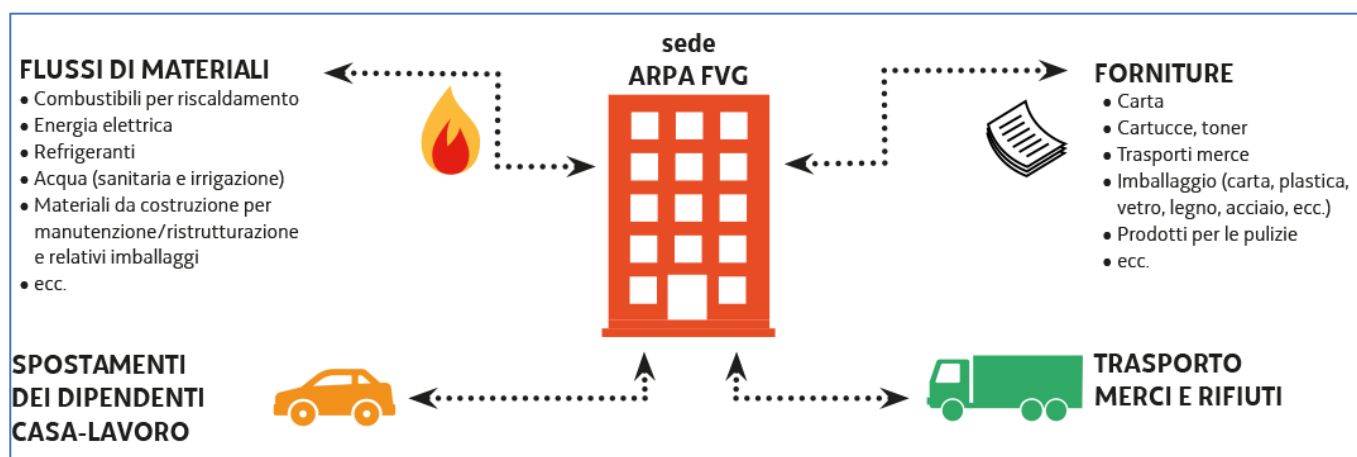
Sono state individuate le attività afferenti a questo edificio e individuati i relativi flussi di materiali tra quelli previsti:

- combustibili per riscaldamento (nel caso specifico assenti)
- energia elettrica (illuminazione, energia di processo, riscaldamento/raffrescamento, ecc.)
- gas refrigeranti (eventuali perdite)
- acqua
- altro

Successivamente sono state prese in considerazione sia le attività e i processi sui quali l'organizzazione può incidere in via diretta o indiretta, sia quelli non direttamente sotto il controllo dell'ente (come la raccolta e conferimento dei rifiuti, i beni durevoli e di consumo). Ad esempio, per quanto riguarda le forniture di beni, sono stati presi in esame:

- prodotti agroalimentari
- carta
- RAEE
- cartucce, toner
- prodotti per le pulizie
- altro

Infine, per quanto riguarda gli spostamenti sono state considerate le emissioni dovute agli spostamenti casa-lavoro (andata, ritorno) dei dipendenti, per le trasferte di lavoro, per i trasporti delle merci consumate e dei rifiuti prodotti. Per gli spostamenti come mezzi di trasporto vengono presi in considerazione l'automobile (di proprietà dell'ente o a noleggio, o taxi, etc.), il treno, l'autobus, i motocicli, i camion, l'aereo, la nave ecc.

.

Schema delle attività oggetto del calcolo dell'impronta di carbonio e dei dati richiesti.

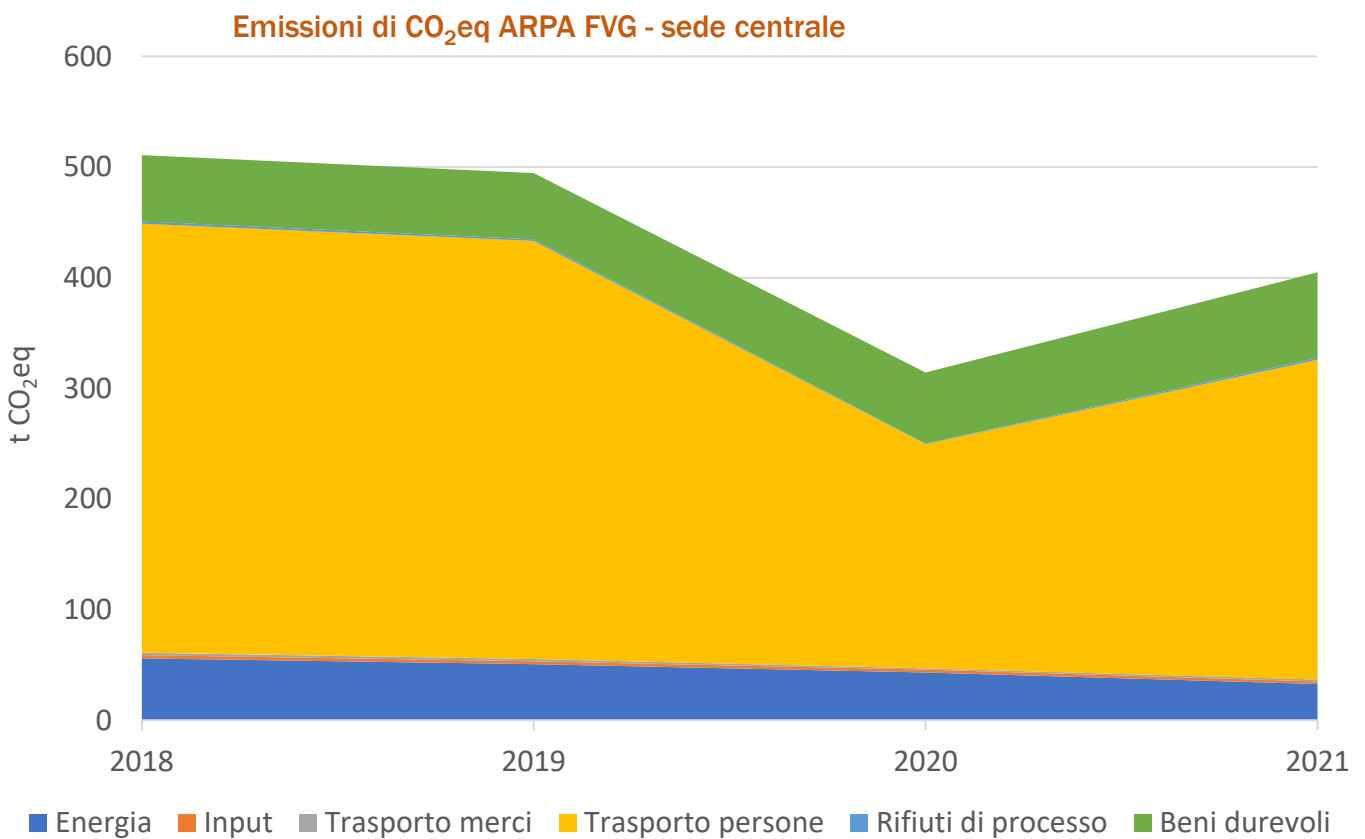
Per tutte queste attività associabili al rilascio di gas serra sono stati raccolti i dati per l'anno del calcolo utilizzando check list appositamente predisposte.

.

IL CALCOLO DELLA CO_2EQ E LE AZIONI DI MIGLIORAMENTO DI ARPA FVG

Come accennato sopra, i valori delle grandezze misurate (in litri, tonnellate, m³, km etc) sono stati moltiplicati per un fattore di emissione per convertire i dati di attività in emissioni di CO_2 equivalente.

Il calcolo dell'impronta di carbonio della sede centrale di Arpa FVG di questi ultimi anni evidenzia come la principale fonte di emissioni climalteranti siano gli spostamenti del personale.

.

Trend delle emissioni di gas serra per le attività afferenti alla sede centrale ARPA FVG

Una volta quantificate le fonti maggiori di emissione di gas serra, l'Agenzia individua le azioni più efficaci per ridurre la propria impronta di carbonio: queste vengono riportate ogni anno nel piano di miglioramento ambientale del sistema di gestione integrato di Arpa FVG (ISO 14001 e ISO 9001). Il piano, oltre alle azioni, include un set di indicatori per il monitoraggio dei risultati nel tempo, individua chi è responsabile dell'attuazione delle azioni e definisce l'eventuale budget necessario alla loro realizzazione.

PROMOZIONE DEL CALCOLO DELL'IMPRONTA DI CARBONIO IN FVG

Oltre a calcolare la propria impronta di carbonio, Arpa FVG promuove la diffusione di questo strumento presso altre realtà pubbliche o private, accompagnandole con varie modalità nell'applicazione di questa metodologia di calcolo delle proprie emissioni di gas serra, perché questo è il primo passo per poterle ridurre nel tempo.

Un esempio è l'attività che è stata condotta presso il Comune di Prata di Pordenone, già sottoscrittore del "Patto dei Sindaci", con l'adozione del Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile (PAES), e possessore della registrazione EMAS di gestione ambientale (Eco Management and Audit Scheme). Il calcolo ha riguardato le emissioni dell'anno 2019, al fine di intercettare la situazione ante-pandemia. Per il percorso di accompagnamento è stato attivato un tirocinio in collaborazione con le Università degli Studi di Udine e Trieste (corso di laurea magistrale in analisi e gestione dell'ambiente).

Dopo l'iniziale fase di progettazione (definizione dello scopo e dei confini del calcolo) l'attività si è svolta con la raccolta di una serie di dati riguardanti in maniera diretta il Municipio, ad esempio la produzione dei rifiuti, i consumi delle auto di servizio, i consumi di metano per il riscaldamento, ma anche di ulteriori dati (emissioni indirette) riferiti ad attività collegate alla sede comunale, come i chilometri percorsi annualmente dagli utenti dei servizi comunali, o dai propri dipendenti per andare al lavoro, l'acquisto di materiale di cancelleria, il trasporto delle merci etc.

Sulla base dei risultati ottenuti è stato possibile individuare i principali *hot spot* (punti caldi) emissivi sui quali il Comune potrà decidere di intervenire stabilendo degli obiettivi per ridurre il proprio impatto ambientale.

Francesca Bonemazzi,
Stefania Del Frate,
Federica Flapp
ARPA FVG

CONOSCENZE E POLITICHE CLIMATICHE: DAL LOCALE AL GLOBALE

https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/

Le conoscenze sui cambiamenti climatici e sui loro effetti in Friuli Venezia Giulia prodotte dal Gruppo di lavoro Clima FVG trovano riscontro nelle evidenze di come il clima sta cambiando in tutto il pianeta e dei conseguenti impatti, riportate dalle più autorevoli fonti scientifiche e organizzazioni del settore a scala globale.

IL 6° RAPPORTO DELL'IPCC

Il triennio 2021-2023 è stato particolarmente importante per la produzione di conoscenza a livello internazionale perché ha visto pubblicare il 6° Rapporto di valutazione (*Sixth Assessment Report* – AR6) dell'IPCC, articolato in tre volumi prodotti da tre specifici gruppi di lavoro – Le basi fisico-scientifiche (2021), Impatti, adattamento e vulnerabilità (2022), Mitigazione dei cambiamenti climatici (2022) – e un Rapporto di sintesi conclusivo.

Ad agosto 2021 è stato pubblicato il primo volume del 6° Rapporto di valutazione dell'IPCC sui cambiamenti climatici. Il Rapporto conferma che, inequivocabilmente, è stata ed è l'influenza umana a riscaldare l'atmosfera, l'oceano e le terre emerse, causando cambiamenti che riguardano già, in molteplici modi, ogni regione della Terra e che in molti casi non hanno precedenti in migliaia, se non in centinaia di migliaia di anni. Per contenere gli effetti di questi cambiamenti entro limiti sostenibili è necessario ridurre, tempestivamente e sostanzialmente, le emissioni di gas climalteranti, in modo da evitare che il riscaldamento globale superi le soglie stabilite dall'Accordo di Parigi, tra le quali, prioritariamente, quella di +1.5 °C rispetto alla temperatura dell'epoca preindustriale.

IPCC: QUALI MATERIALI E DOVE LI TROVIAMO?

Di ogni volume sono disponibili sul sito internazionale dell'IPCC sia la versione integrale che un "riassunto per i decisori politici", nonché diversi ulteriori materiali.

I principali contenuti dei Rapporti IPCC sono diffusi in italiano, insieme ad utili articoli e spiegazioni, dal Focal Point IPCC per l'Italia presso il Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC)

A febbraio 2022 è uscito il secondo volume dell'AR6, che esamina i potenziali impatti dei cambiamenti climatici sulla natura e sulle persone in tutto il mondo a diversi livelli di riscaldamento e i rischi che ne risultano; offrendo opzioni per rafforzare la resilienza della natura e della società ai cambiamenti climatici in corso.

A maggio 2022 è stato pubblicato il terzo volume dell'AR6 che è dedicato alla mitigazione dei cambiamenti climatici attraverso le attività volte a limitare o prevenire le emissioni di gas serra nell'atmosfera. Il rapporto ne affronta i diversi aspetti, da quelli economici a quelli politici e sociali, dedicando per la prima volta un capitolo all'innovazione e al progresso tecnologico verso la decarbonizzazione. Non siamo sulla buona strada per limitare il riscaldamento a 1,5 °C, ma in tutti i settori sono disponibili opzioni che possono almeno dimezzare le emissioni entro il 2030 e abbiamo molti modi per migliorare le nostre possibilità di successo: i prossimi anni saranno cruciali.

A marzo 2023 l'IPCC ha concluso la pubblicazione del Sesto Rapporto di Valutazione sui Cambiamenti Climatici (AR6) con il Rapporto di Sintesi (Synthesis Report – SYR) che integra i risultati dei tre gruppi di lavoro (i tre volumi già sopra citati) e di tre rapporti speciali: Riscaldamento Globale di 1.5 (2018), Climate Change and Land dedicato ad agricoltura, cibo, foreste ed ecosistemi terrestri (2019), Oceano e Criosfera in un clima che cambia (2019). Il Rapporto di sintesi è articolato in tre parti: Stato attuale e tendenze; Cambiamenti climatici e sviluppi futuri (inclusi rischi e risposte) a lungo termine; Risposte a breve termine.

Rapporto di sintesi dell'IPCC: i contenuti e i numeri

Dalla presentazione "L'IPCC, il Synthesis Report di AR6" di Lucia Perugini per il Focal Point IPCC per l'Italia https://ipccitalia.cmcc.it/wp-content/uploads/2023/03/2023_IPCC-SYR6-Perugini-CMCC.pdf

COS'È L'IPCC E PERCHÉ I SUOI REPORT SONO COSÌ IMPORTANTI?

IPCC è l'acronimo di Intergovernmental Panel on Climate Change (Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico): è il principale organismo internazionale che valuta le conoscenze sui cambiamenti climatici prodotte da scienziati e ricercatori in tutto il mondo.

È stato istituito nel 1988 da World Meteorological Organization (WMO) e United Nations Environment Programme (UNEP) e avallato dall'Assemblea Generale delle Nazioni Unite.

Attualmente ne fanno parte 195 Paesi. Ogni governo ha un Focal Point IPCC nazionale e ai lavori dell'IPCC partecipano anche le principali organizzazioni internazionali, intergovernative e non-governative.

L'IPCC non fa direttamente ricerca né realizza il monitoraggio di dati e parametri correlati al clima, ma esamina e valuta le più recenti informazioni scientifiche, tecniche e socio-economiche prodotte in tutto il mondo sui cambiamenti climatici. Attraverso questo processo di revisione, strutturato in diverse fasi, l'IPCC assicura una valutazione completa e obiettiva delle informazioni attualmente disponibili. In questo modo produce la più esaustiva e aggiornata rassegna delle conoscenze esistenti, facendone sintesi e rendendola disponibile - principalmente attraverso i suoi Rapporti - ai decisori politici, alla comunità scientifica internazionale e all'opinione pubblica mondiale.

L'IPCC ha tre gruppi di lavoro (Working Group – WG):

- il Gruppo di lavoro I (WG I) sugli aspetti scientifici del sistema clima e dei cambiamenti climatici;
- il Gruppo di lavoro II (WG II) sulla vulnerabilità dei sistemi naturali e socio-economici, gli impatti dei cambiamenti climatici e le opzioni di adattamento;
- il Gruppo di lavoro III (WG III) sulla mitigazione dei cambiamenti climatici (attraverso la limitazione, il contrasto e la riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra in atmosfera).

Migliaia di ricercatori da tutto il mondo, partecipano su base volontaria ai lavori dell'IPCC, in cui si integrano così diversi punti di vista e competenze.

Per saperne di più:
https://ipccitalia.cmcc.it/cose-lipcc/

POLITICHE CLIMATICHE GLOBALI: LA COP 27

Per quanto concerne le politiche climatiche a scala globale, a novembre 2022 si è tenuta la Conferenza mondiale sul clima (COP27) svoltasi a Sharm El-Sheikh e di cui, da più parti, si sono evidenziati i limitati risultati.

La nota più significativa è che è stato istituito un Fondo per la compensazione economica dei Paesi più colpiti dal riscaldamento climatico (coloro che hanno minore responsabilità storica relativamente al cambiamento climatico) per le perdite e danni ("loss and damage") collegati al riscaldamento climatico.

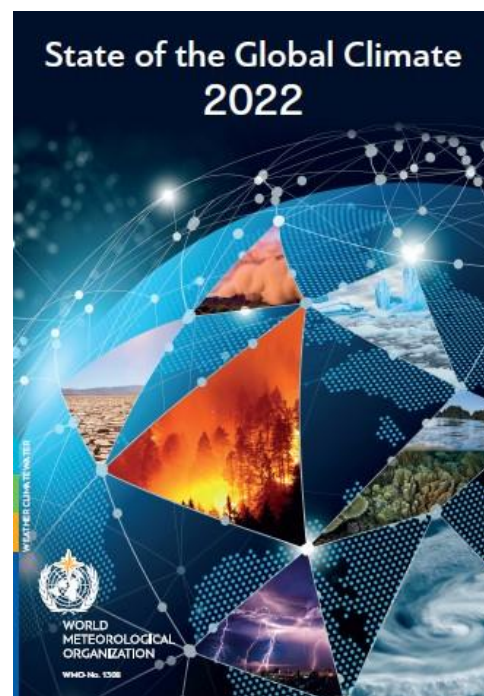
La prossima Conferenza mondiale sul clima (COP28) si terrà a Dubai dal 30 novembre al 12 dicembre 2023: sarà una tappa fondamentale perché coinciderà con il primo Bilancio globale (Global Stocktake – GST), che valuterà a che punto siamo rispetto al percorso da fare per raggiungere gli obiettivi dell'Accordo di Parigi.

COSA SONO LE "COP"? COP è l'acronimo di Conference of the Parties: è la riunione annuale dei Paesi che hanno ratificato la Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC). La Convenzione è un trattato ambientale internazionale firmato durante la Conferenza sull'Ambiente e sullo Sviluppo delle Nazioni Unite, il «Summit della Terra», tenutasi a Rio de Janeiro nel 1992. Il trattato punta alla riduzione delle emissioni dei gas serra che causano il riscaldamento globale. La prima COP si è svolta a Berlino nel 1995.

Molto importante è stata la COP21 svoltasi a Parigi nel 2015, che ha portato all'approvazione dell'**Accordo di Parigi** (entrato in vigore nel 2016): 195 Paesi si sono impegnati a contenere l'aumento di temperatura entro i 2° C e possibilmente entro 1.5 °C. Nelle COP successive si è proseguito il lavoro per l'attuazione dell'Accordo: sono stati fatti dei passi avanti, ma con esiti non sempre soddisfacenti rispetto alle aspettative della società e all'urgenza evidenziata dalla comunità scientifica.

UN'ALTRA FONTE AUTOREVOLE SUL CLIMA GLOBALE: I RAPPORTI DELLA WMO

La World Meteorological Organization (WMO) - Organizzazione Meteorologica Mondiale è un'organizzazione intergovernativa, istituita nel 1950, che comprende 193 Stati membri e Territori, nata con lo scopo principale di promuovere lo scambio di informazioni in campo meteorologico, la standardizzazione delle rilevazioni e la cooperazione a reti unificate delle varie informazioni meteo climatiche provenienti da ogni parte del globo.

La WMO pubblica ogni anno un rapporto sullo Stato Globale del Clima. Lo *State of the Global Climate report 2022* pubblicato ad aprile 2023 si focalizza su alcuni indicatori chiave: gas serra, temperature, innalzamento del livello del mare, contenuto di calore e acidificazione degli oceani, ghiacci marini e ghiacciai, evidenziando inoltre gli impatti dei cambiamenti climatici e degli eventi meteorologici estremi. Il report illustra i cambiamenti a scala planetaria sulla terra, negli oceani e nell'atmosfera causati dai livelli record raggiunti dai gas serra. Considerando la temperatura globale, gli anni 2015-2022 sono stati gli 8 anni più caldi mai registrati.

Si può accedere al report e alle risorse collegate (video, sintesi ecc.) dalla pagina:
https://public.wmo.int/en/our-mandate/climate/wmo-statement-state-of-global-climate

I RAPPORTI SUL CLIMA IN ITALIA DEL SISTEMA SCIA

SCIA è il sistema nazionale per la raccolta, elaborazione e diffusione di dati climatici, realizzato dall'ISPRA e alimentato in collaborazione e con i dati di numerosi enti, incluse diverse Agenzie ambientali tra cui ARPA FVG. SCIA pubblica ogni anno, dal 2006, il rapporto *"Gli indicatori del clima in Italia"*, che illustra l'andamento climatico nazionale nel corso dell'ultimo anno e aggiorna la stima delle variazioni negli ultimi decenni.

Sul sito www.scia.isprambiente.it è attualmente disponibile la valutazione preliminare dello stato del clima 2022, in attesa del rapporto definitivo che sarà pubblicato a luglio 2023.

Federica Flapp
Valentina Galina
ARPA FVG

Sono già disponibili opzioni fattibili,
efficaci e a basso costo
per la mitigazione e l'adattamento.

Un'azione rapida ed equa
per mitigare e adattarsi agli impatti
dei cambiamenti climatici
è fondamentale per lo sviluppo sostenibile*

"Se agiamo ora,
possiamo ancora garantire
*un futuro sostenibile e vivibile per tutti"***

*Headline Statements (dichiarazioni principali) del Rapporto di Sintesi AR6
https://ipccitalia.cmcc.it/headline-statements-del-rapporto-di-sintesi-ar6/

**Hoesung Lee, presidente dell'IPCC
Versione italiana del comunicato stampa ufficiale dell'IPCC (CLIMATE CHANGE 2023 – Rapporto di Sintesi) https://files.cmcc.it/ar6/syr/IPCC_ar6_SYR_COMUNICATO_STAMPA.pdf

Un ringraziamento a tutti coloro che hanno contribuito
alla realizzazione dei “Segnali dal Clima in FVG”,
sia con i loro testi, dati e immagini,
sia con le loro riflessioni, osservazioni
e disponibilità a condividere idee e conoscenze.